



Contribution à l'étude des crises de grande ampleur : connaissance et aide à la décision pour la sécurité civile

Carole Dautun

► To cite this version:

Carole Dautun. Contribution à l'étude des crises de grande ampleur : connaissance et aide à la décision pour la sécurité civile. Sciences de l'environnement. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2007. Français. NNT : 2007EMSE0026 . tel-00803754

HAL Id: tel-00803754

<https://theses.hal.science/tel-00803754>

Submitted on 22 Mar 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



N° d'ordre :

THESE
présentée par

Carole DAUTUN

Pour obtenir le grade de Docteur
de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

Spécialité : Science et Génie de l'Environnement

*Contribution à l'étude des crises de grande ampleur :
Connaissance et aide à la décision pour la Sécurité Civile*

Soutenue à Alès le 14 décembre 2007

Membres du jury

C. ROUX-DUFORT	Professeur, Ecole de Management de Lyon	Rapporteur
J. VIRET	Professeur, Université Montpellier I	Rapporteur
D.GRAILLOT	Professeur, Ecole des Mines de Saint Etienne	Examineur
P. NARDIN	Colonel, Ministère de l'Intérieur	Examineur
J.M. MERCANTINI	Maître de conférences, Ecole Polytechnique Universitaire de Marseille	Examineur
G. DUSSERRE	Maître de recherche, Ecole des Mines d'Alès	Directeur de thèse
J. TIXIER	Maître-assistant, Ecole des Mines d'Alès	Encadrant
A. JOHANNET	Chargé de recherche, Ecole des Mines d'Alès,	Co-encadrant
J. CHAPELAIN	Colonel, Ecole Nationale Supérieure des Officiers des Sapeurs-Pompiers	Invité
F. FONTAINE	Responsable Sûreté, malveillance, terrorisme, INERIS	Invité
P. LAVOIL	Lieutenant-colonel, Institut National des Hautes Etudes de Sécurité	Invité

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma reconnaissance envers Mr. Christophe Roux-Dufort et Mr. Jean Viret d'avoir accepté d'être rapporteurs et d'avoir évalué ce travail de thèse. Je remercie également Mr. Didier Graillot, Mr. Jean-Marc Mercantini et Mr. le Colonel Philippe Nardin de m'avoir fait l'honneur d'être membres du jury.

J'adresse également mes remerciements à Mr. Gilles Dusserre pour m'avoir accueillie au sein de l'équipe risques industriels et naturels, pour ses conseils ainsi que pour la liberté qu'il m'a laissée sur la conduite de ce sujet de recherche.

Ma reconnaissance va également à Mr. Jérôme Tixier qui pendant ces trois ans a été à l'écoute, disponible et m'a accordé sa confiance pour mener à bien cette thèse.

Je tiens également à remercier Anne Johannet pour m'avoir initiée aux réseaux de neurones et pour toute l'aide qu'elle m'a apportée.

Cette thèse est inscrite dans les problématiques développées par le Groupement d'Intérêt Scientifique d'Aide à la Gestion des Crises. A ce titre, je tiens à exprimer ma gratitude aux membres du conseil scientifique et tout particulièrement à Mr. le Colonel Jean Chapelain, à Mr. François Fontaine et à Mr. le Lieutenant-colonel Philippe Lavoil pour leurs conseils.

L'étude des crises se fonde avant tout sur des observations de terrain. Je tiens à remercier toutes les personnes qui, au travers des différents exercices ou lors des inondations de 2005 dans le Gard, m'ont permis de mettre un pied dans le monde de la sécurité civile et d'observer leurs actions sur le terrain : Mr. le Commandant Beccari, Mr. le Colonel Pizzocarò, Mr. Garrel, le Lieutenant-colonel Jean François Roure, Mr. Sacher, Mr. le Commandant Secqueville, Mr le Préfet Vallaud, Mr le Préfet Bellion,

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont accepté de me recevoir afin de recueillir leurs expériences: Mme Marie Cécile Barthet, Mr. le Préfet Guyot, Mr. le Colonel Garrigue, Mr. le Colonel Noisette, Mr. le Colonel Mené, Mr le Général Decourtis, Mme Marchetti et Mr Dorison.

Un grand merci à Mr Jean-Noël Tremblay pour les longues discussions que nous avons eues.

Je remercie chaleureusement tous mes collègues de l'équipe risques : Aurélia, Cyrille, Flo, Laurent, Marc, Nicolas, Pierre, Sophie, Vincent, les nouveaux Aurélia et Denis et les

délocalisés, Francis, Emma et Samuel, pour leur bonne humeur, leur écoute dans les moments de doute. Ce fût un plaisir de travailler avec eux.

Un grand merci également à l'ensemble du personnel du LGEI pour ces trois années passées au laboratoire.

Un grand merci également à Sandrine et Franck, Francisco, Cris, Carole, Aurélie, l'abbaye (Jacky, Steph, Virginie, Pierre, Olivier et tous les autres) et les garçons Fabien et Florent pour tous les bons moments passés à Alès.

Ces trois années m'auraient paru plus longues sans l'amitié d'Anne et Benji. Merci pour toutes ces soirées à refaire le monde et les fous rires au « francombat ». Vivement le prochain jeudi...

Une pensée également « aux filles » : j'ai *enfin* fini...

Merci également à Michel et David qui ont su bien avant moi.....

Enfin, je n'aurai pu parvenir jusqu'ici sans la confiance et le soutien que m'ont apporté mes parents et ma sœur Céline. Un grand merci à vous trois.

Sommaire

Liste des figures	- 7 -
Liste des tableaux	- 10 -
Annotations utilisées	- 13 -
Introduction générale	- 15 -
Partie I : La gestion des crises. Formulation des problématiques et apports conceptuels	- 15 -
Chapitre 1 : Contexte et formulation des problématiques	- 17 -
Introduction	- 18 -
1.1. Risques majeurs, accidents et gestion des risques	- 18 -
1.2. La Sécurité Civile : au centre de la réponse d'urgence	- 24 -
1.3. De la théorie à l'opérationnel : illustration par deux observations	- 30 -
1.4. Formulation des problématiques de recherche	- 37 -
Chapitre 2 : Du terrain du risque au terrain de la crise.	- 41 -
Introduction	- 42 -
2.1. Du concept de risque au concept de crise	- 42 -
2.2. Comment naissent, se développent et meurent les crises ?	- 50 -
2.3. L'organisation à l'origine des crises	- 59 -
2.4. Structuration des organisations	- 67 -
2.5. Organisation et processus de décision	- 72 -
Conclusion - Synthèse	- 83 -
Chapitre 3 : Que nous apprennent les événements de ces dix dernières années ?	- 85 -
Introduction	- 86 -
3.1. Synopsis de quelques accidents et crises passés.	- 86 -
3.2. L'origine de ces situations : les facteurs de contingence situationnelle	- 91 -
3.3. Les conséquences de ces situations au niveau des communautés	- 94 -
3.4. Des problématiques organisationnelles et managériales	- 97 -
Conclusion – Synthèse	- 101 -

Chapitre 4 : Comment améliorer la gestion des crises ?	-103-
Introduction	-104-
4.1. Le concept de résilience	-104-
4.2. Améliorer la prévention et la planification des crises	-105-
4.3. Améliorer l'apprentissage organisationnel	-107-
Conclusion - Synthèse	-110-

Partie II : Définition d'un système d'aide à la décision pour anticiper et gérer des crises de grande ampleur -111-

Chapitre 5 : Les crises de grande ampleur : Définition et approche systémique	-113-
Introduction	-114-
5.1. La crise de grande ampleur – Définition	-114-
5.2. Représenter la crise selon une approche systémique	-115-
5.3. Evaluation des modèles	-125-
5.4. Le système de veille stratégique du territoire : définition et objectifs	-139-
Conclusion - Synthèse	-140-

Chapitre 6 : L'aide à la décision. Méthodes et outils	-141-
Introduction	-142-
6.1. L'aide à la décision : pourquoi, pour qui et comment ?	-142-
6.2. La méthode de décision multicritères de Saaty	-147-
6.3. Les réseaux de neurones	-157-
Conclusion – Synthèse	-169-

Chapitre 7 : Mise en place de la méthode d'aide à l'anticipation et la gestion des crises de grande ampleur	-171-
Introduction	-172-
7.1. Principes généraux de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur	-172-
7.2. Les échelles d'évaluation du système de crise	-173-
7.3. Création de la base de données	-180-
7.4. Définition du potentiel de crise au travers de l'utilisation de la méthode de Saaty	-185-
7.5. Définition du potentiel au travers de l'utilisation des réseaux de neurones	-199-
Conclusion - Synthèse	-201-

Partie III : Application, résultats et analyses	-203-
Chapitre 8 : Evaluation du potentiel de crise par la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty	-205-
Introduction	-206-
8.1. Traitement des questionnaires, pondérations et cohérence	-206-
8.2. Présentation des pondérations	-207-
8.3. Quantification du potentiel de crise	-224-
8.4. Qualification du potentiel de crise	-237-
8.5. Limites et perspectives	-243-
Conclusion	-244-
Chapitre 9 : Evaluation du potentiel de crise par les réseaux de neurones	-245-
Introduction	-247-
9.1. Les réseaux de neurones comme classifieur à deux classes	-247-
9.2. Les réseaux de neurones multicouches	-257-
9.3. Limites et perspectives des réseaux de neurones	-266-
Conclusion - Synthèse	-267-
Chapitre 10 : Le potentiel de crise. Synthèse des résultats, limites et perspectives	-269-
Introduction	-270-
10.1. Comparatif de deux approches	-270-
10.2. Représentation en trois dimensions des potentiels de crise	-273-
10.3. Limites de la méthode d'aide l'anticipation et à la gestion des crises	-277-
10.4. Perspective de développement de la méthode d'aide à la gestion des crises et conclusion	-278-
Conclusion générale et perspectives	-281-
Bibliographie	-287-
Liste des annexes	-314-

Liste des figures

Partie I

Figure 1 : Représentation simplifiée de la notion de risque sur un territoire	- 19 -
Figure 2 : La boucle de la gestion des risques et des crises en France	- 22 -
Figure 3 : Organisation pyramidale de la Sécurité Civile	- 28 -
Figure 4 : Organisation de la réponse de sécurité civile	- 33 -
Figure 5 : Cheminement simplifié de reconnaissance des crises	- 47 -
Figure 6 : Le modèle des signaux faibles (Adapté de Ansoff, 1975 in Lesca, 2002)	- 56 -
Figure 7 : Les deux approches de la crise : évènement et processus	- 58 -
Figure 8 : Modélisation des intervenants et des impliqués selon un référentiel espace-temps	- 69 -
Figure 9 : Le processus de décision en situation de crise (Adapté de Parkin, 1996 et Sayech, 2004)	- 77 -

Partie II

Figure 10 : Systémographier un phénomène complexe non identifiable (Le Moigne, 1977)	- 116 -
Figure 11 : Forme canonique du système général (Le Moigne, 1977)	- 116 -
Figure 12 : Les différents niveaux de modélisation (Le Moigne, 1977)	- 117 -
Figure 13 : Représentation d'un modèle	- 118 -
Figure 14 : Modèle du système global de crise	- 119 -
Figure 15 : Les quatre comportements du système global de crise	- 121 -
Figure 16 : Modèle de l'état initial	- 122 -
Figure 17 : Modèle de l'état de crise de grande ampleur	- 123 -
Figure 18 : Représentation des dynamiques des crises de grande ampleur	- 124 -
Figure 19 : Modèle conceptuel MADS (Adapté de Périlhon, 2000)	- 126 -
Figure 20 : Transposition du modèle MADS	- 126 -
Figure 21 : Synthèse des informations d'évaluation du modèle de crise	- 137 -
Figure 22 : Classes de processus de décision	- 144 -
Figure 23 : Classes de décisions définies pour la problématique de gestion des crises.	- 145 -
Figure 24 : Structuration hiérarchique simplifiée de type complète	- 150 -
Figure 25 : Structuration hiérarchique complexe de type incomplète	- 150 -
Figure 26 : Modèle de matrice pour comparaison binaire (Saaty, 1984)	- 151 -

Figure 27 : Algorithme de choix de la méthode d'agrégation des avis	-153-
Figure 28 : Problème de classification à deux classes	-158-
Figure 29 : Représentation figurée d'un neurone formel (Dreyfus, 2002 ; Johannet, 2006, a)	-159-
Figure 30 : Fonction d'évaluation de type seuil	-160-
Figure 31 : Fonction d'évaluation de type sigmoïde	-160-
Figure 32 : Réseau de neurones non bouclé à une couche	-161-
Figure 33 : Réseaux de neurones non bouclés mult-couches	-162-
Figure 34 : Forme canonique des réseaux de type bouclé	-162-
Figure 35 : Représentation figurée de l'apprentissage professeur – élève	-164-
Figure 36 : Principe de la validation croisée	-167-
Figure 37 : Evolution typique des performances d'apprentissage et de validation	-168-
Figure 38 : Le potentiel de crise et les quatre indicateurs	-173-
Figure 39 : Structuration hiérarchique générale	-186-
Figure 40 : Niveau supérieur de la structure hiérarchique permettant l'évaluation du potentiel de crise.	-187-
Figure 41 : Structuration hiérarchique permettant l'évaluation de l'indicateur conséquences	-191-

Partie III

Figure 42 : Répartition des pondérations en fonction des catégories socioprofessionnelles interrogées	-208-
Figure 43 : Pondérations obtenues pour l'indicateur conséquences globales	-213-
Figure 44 : Pondérations obtenues pour les critères réseaux vitaux	-214-
Figure 45 : Pondérations obtenues pour l'indicateur capacité de réaction des organisations	-215-
Figure 46 : Synthèse du potentiel de crise pour une crise naturelle	-216-
Figure 47 : Pondération de l'indicateur conséquences globales	-217-
Figure 48 : Pondérations des critères et éléments composant les conséquences sur les réseaux vitaux	-217-
Figure 49 : Pondération de l'indicateur capacité de réaction des organisations	-218-
Figure 50 : Pondérations obtenues pour le potentiel de crise terroriste	-219-
Figure 51 : Pondérations de l'indicateur événement déclencheur – Crises terroristes	-220-
Figure 52 : Pondérations obtenues pour l'indicateur conséquences globales	-221-
Figure 53 : Pondérations obtenues pour les critères réseaux vitaux	-221-
Figure 54 : Pondérations obtenues pour l'indicateur capacité de réaction des organisations	-222-
Figure 55 : Quantification de l'indicateur événement déclencheur	-224-

Figure 56 : Quantification de l'indicateur conséquences – Crises industrielles	-225-
Figure 57 : Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations – Crises industrielles	-226-
Figure 58 : Quantification des facteurs aggravants pour les situations industrielles	-227-
Figure 59 : Potentiel de crise des sept situations d'origine industrielle	-228-
Figure 60 : Quantification de l'indicateur événement déclencheur - Crises naturelles	-229-
Figure 61 : Quantification de l'indicateur conséquences – crises naturelles	-230-
Figure 62 : Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations – Crises naturelles	-231-
Figure 63 : Quantification des facteurs aggravants	-232-
Figure 64 : Quantification du potentiel de crises pour les situations d'origine naturelle	-232-
Figure 65 : Quantification de l'indicateur événement déclencheur pour les crises terroristes	-233-
Figure 66 : Quantification de l'indicateur conséquences globales pour les crises terroristes	-234-
Figure 67 : Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations	-235-
Figure 68 : Quantification des facteurs aggravants	-236-
Figure 69 : Le potentiel de crise des trois situations d'origine terroriste	-236-
Figure 70 : Qualification du comportement des retours d'expérience	-238-
Figure 71 : Les 3 REX qualifiés de crises de grande ampleur	-239-
Figure 72 : Les quatre REX qualifiés de crises conventionnelles	-240-
Figure 73 : Les sept REX qualifiés d'accidents majeurs	-241-
Figure 74 : Les 2 REX qualifiés d'incident par la méthode de Saaty	-242-
Figure 75 : Représentation de l'architecture 1	-249-
Figure 76 : Séparation linéaire de deux classes	-253-
Figure 77 : Représentation de l'architecture 3	-258-
Figure 78 : Résultats du Leave one out pour l'architecture 3	-259-
Figure 79 : Résultats après apprentissage (Architecture 3)	-260-
Figure 80 : Représentation de l'architecture 4	-262-
Figure 81 : Résultat du leave one out pour l'architecture 4	-264-
Figure 82 : Représentation en trois dimensions du potentiel de crise	-273-
Figure 83 : Organisation versus événement déclencheur	-274-
Figure 84 : Organisation versus conséquences globales	-274-
Figure 85 : Conséquences globales versus événement déclencheur	-274-
Figure 86 : Représentation 3D du système global de crise	-275-
Figure 87 : Système global de crise : Organisation Versus VIT	-276-
Figure 88 : Système global de crise : Organisation Versus Evd et conséquences	-276-
Figure 89 : Système global de crise : VIT Versus EvD et conséquences	-276-

Liste des tableaux

Partie I

Tableau 1 : Synthèse des dispositifs en fonction de la gravité de l'évènement (DDSC, 2006)	-29-
Tableau 2 : Caractéristiques des crises organisationnelles abruptes ou cumulatives (Hwang, 2000)	-46-
Tableau 3 : Synthèse des caractéristiques des crises	-49-
Tableau 4 : Les facteurs de vulnérabilité et de contingence influençant la nature des crises	-53-
Tableau 5 : La séquence des événements concourant à créer une crise	-54-
Tableau 6 : Les 39 facteurs aggravants de la gestion de crise en province de Namur (Gatot, 2000)	-64-
Tableau 7 : Synthèse des paramètres influençant les comportements des organisations.	-67-
Tableau 8 : Typologie des comportements des organisations lors d'un désastre (Quarantelli, 1966)	-69-
Tableau 9 : Les trois archétypes de gestion de crise (Lalonde, 2004)	-70-
Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques du modèle d'évitement	-74-
Tableau 11 : Modèle générique adapté à la gestion des crises (Boutté, 2006)	-75-
Tableau 12 : Les causes d'une faible sensibilité à détecter et prendre en compte les signaux avertisseurs (Adapté de Wissema, 2002)	-80-
Tableau 13 : Réalité de la crise versus réalité de la planification actuelle (Mc Connell, 2006).	-105-

Partie II

Tableau 14 : Les différents types de modèles	-118-
Tableau 15 : Synthèse des trois niveaux de modélisation pour le système de crise	-120-
Tableau 16 : Synthèse des trois niveaux de modélisation de l'état initial	-122-
Tableau 17 : Les trois niveaux de modélisation de l'état de crise de grande ampleur	-123-
Tableau 18 : Catégories des enjeux humains	-129-
Tableau 19 : Catégories des enjeux environnementaux	-129-
Tableau 20 : Catégories des réseaux vitaux	-130-
Tableau 21 : Catégories d'acteurs	-131-
Tableau 22 : Facteurs de vulnérabilité des organisations	-131-

Tableau 23 : Synthèse des éléments caractérisant le potentiel danger	-133-
Tableau 24 : Synthèse des éléments d'évaluation de la capacité de réaction des organisations	-134-
Tableau 25 : Liste des facteurs aggravants	-136-
Tableau 26 : Synthèse des paramètres d'évaluation du potentiel de crise du système global	-138-
Tableau 27 : Les problématiques de références	-146-
Tableau 28 : Exemples des méthodes multicritères d'aide à la décision en fonction des approches retenues.	-146-
Tableau 29 : Echelle numérique de comparaison binaire	-152-
Tableau 30 : Comparatif des deux méthodes d'agrégation des avis et de pondérations des éléments.	-155-
Tableau 31 : Exemple d'obtention des pondérations	-155-
Tableau 32 : Cotation de la cinétique	-174-
Tableau 33 : Echelle de cotation de la gravité pour des phénomènes industriels	-174-
Tableau 34 : Echelle du critère importance spatiale	-175-
Tableau 35 : Echelle de cotation pour les effets domino	-175-
Tableau 36 : Echelle de cotation de la connaissance détenue par les acteurs	-175-
Tableau 37 : Echelle de vigilance météorologique	-176-
Tableau 38 : Echelle pour le critère vigicrue.	-176-
Tableau 39 : Cotation du nombre d'actes terroristes	-177-
Tableau 40 : Cotation du délai entre les actes terroristes.	-177-
Tableau 41 : Cotation de la localisation des actes terroristes.	-177-
Tableau 42 : Cotation de la cinétique des événements terroristes	-177-
Tableau 43 : Cotation des sur-accidents	-178-
Tableau 44 : Echelle de cotation des conséquences humaines	-178-
Tableau 45 : Echelle de cotation des conséquences environnementales	-179-
Tableau 46 : Echelle de cotation des conséquences sur les réseaux vitaux	-179-
Tableau 47 : Echelle de cotation de l'atteinte des capacités de réaction des organisations	-180-
Tableau 48 : Résultats des avis d'expert pour la qualification des retours d'expérience	-184-
Tableau 49 : Matrice de comparaisons binaires établie pour évaluer le potentiel de crise	-187-
Tableau 50 : Synthèse des entrées définies pour les réseaux de neurones	-200-

Partie III

Tableau 51 : Synthèse des pondérations	-209-
Tableau 52 : Comparatif des pondérations du potentiel de crise pour les trois types de situations	-223-

Tableau 53 : Sous détermination des séparations deux à deux	-250-
Tableau 54 : Résultats de la séparation des classes 1 et 2	-252-
Tableau 55 : Résultats de la séparation des classes un et trois.	-253-
Tableau 56 : Résultats de la séparation des classes 1 et 4	-254-
Tableau 57 : Résultats de la séparation des classes deux et trois	-255-
Tableau 58 : Résultats de la séparation des classes deux et quatre	-255-
Tableau 59 : Résultats de la séparation des classes 3 et 4	-255-
Tableau 60 : Classement des dix-huit retours d'expérience en fonction de l'architecture 3	-256-
Tableau 61 : Résultats d'apprentissage et de généralisation pour l'architecture 3	-261-
Tableau 62 : Performance de l'architecture 4	-265-
Tableau 63 : Synthèse des résultats – méthode de Saaty, réseaux de neurone et experts	-271-

Annotations utilisées

Sigles

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
COD : Centre Opérationnel Départemental
COGIC : Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises
COZ : Centre Opérationnel Zonal
CPCO : Centre de Planification et de Conduite des Opérations
DDAF : Direction Départemental de l'Agriculture et de la Forêt
DDE : Direction Départemental de l'Équipement
DDSC : Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles
DGPN : Direction Générale de la Police Nationale
DICRIM : Document d'Information Communal sur les RISques Majeurs
DOS : Directeur des Opérations de Secours
DRIRE : Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
EMZ : Etat Major de Zone
ERP : Etablissement Recevant du Public
FEMA : Federal Emergency Management Agency
GALA : Gestion d'Alerte Locale Automatisée
IRSN: Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MHM : Méthode de Hiérarchisation Multicritères
MIC: Monitoring and Information Centre
PC : Poste de Commandement
PCC : Poste de Commandement Communal
PCO : Poste de Commandement Opérationnel
PMA : Poste Médical Avancé
PPI : Plan Particulier d'Intervention
PSS : Plan de Secours Spécialisé
SAMU : Services d'Aide Médical d'Urgence
SDACR : Schéma Départemental d'Analyse et de Couverture des Risques
SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours
SGDN : Secrétariat Général de la Défense Nationale
SHAPI : Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévention des Inondations
SIDPC : Services Interministériels de Défense et de Protection Civile
SMUR : Services Mobile d'Urgence et de Réanimation

TMD : Transport de Matières Dangereuses

UIISC : Unité d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile

Symboles

e_n : Données d'entrées

v : Potentiel du neurone

f : Fonction d'activation d'un neurone

\sum : Somme pondérée des entrées

y : Fonction de sortie

θ : Coefficient synaptique

Introduction générale

Risques, catastrophes et crises. Ces trois termes apparaissent de plus en plus fréquemment dans nos sociétés, il n'y a pas un jour ou un mois sans que l'on ne parle de risque ou de crise. Le 21 septembre 2001, une terrible explosion résonnait à Toulouse. Un an après, le sud de la France subissait d'importantes inondations. Août 2003, la France, en proie à une vague de chaleur sans précédent, a dû faire face simultanément à une crise sanitaire sans égale, à des feux de forêts catastrophiques et à une sécheresse importante. Entre 1965 et aujourd'hui le nombre de catastrophes naturelles et industrielles en France a été multiplié par 5 (Hoyoïs, 2007). Les conséquences humaines et matérielles engendrées n'ont cessé d'augmenter. De plus, des nouvelles menaces se profilent comme les attentats terroristes ou les épidémies de grande ampleur. Parallèlement à cela, notre environnement se complexifie de part les progrès techniques, l'interdépendance des pratiques économiques et des réseaux vitaux. Le développement des sociétés crée de nouvelles vulnérabilités latentes. La perturbation de cet environnement peut évoluer vers un accident majeur ou vers des crises de grande ampleur.

Au-delà des conséquences visibles, ces situations nouvelles ont changées de dimension car elles perturbent et contrecarrent l'action des organisations ayant un rôle civique dans la gestion des risques et des crises. Les secours doivent répondre aux changements de nature des crises et à la l'épée de Damoclès que constituent les menaces terroristes (Attentats, Menaces Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique). Mais l'organisation actuelle des secours est-elle capable de répondre correctement à une crise du type du 11 septembre 2001 ou de l'ouragan Katrina, c'est-à-dire à une situation dépassant les capacités de réponses des plans actuels ?

En 2004, l'Etat Français met en évidence la nécessité d'améliorer son efficacité et notamment celle des acteurs de la Sécurité Civile pour l'organisation et la gestion de crise¹. Pour répondre à cela, l'Etat a renforcé son action au travers de la loi de modernisation de la Sécurité Civile en 2003.

Cette recherche a pour but de répondre aux attentes des acteurs de la Sécurité Civile selon un double objectif : Améliorer la connaissance sur les situations de crises de Sécurité Civile d'une part, et d'autre part, contribuer au développement d'une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur résultant d'un risque naturel, anthropique ou intentionnel. Pour y parvenir, plusieurs approches ont été retenues : l'observation de crises

¹ Projet de loi de la modernisation de la sécurité civile, (2004), Sénat, N°277,

réelles et de cas simulés, l'analyse bibliographique du concept de crise, des organisations, des processus de décision et de l'aide à la décision, l'étude des retours d'expérience de crises ayant eu lieu en France ou à l'étranger ces dix dernières années ainsi que la modélisation systémique des crises.

Ce travail de recherche est composé de trois parties.

La première partie a pour objectif d'améliorer la connaissance sur les situations de crise. Après une contextualisation et une définition des problématiques de recherche, le concept de crise, les caractéristiques et les paramètres influençant la gestion de ces situations extrêmes seront exposés au travers d'un état de l'art bibliographique. Puis, en s'appuyant sur des retours d'expérience de crises passées, les difficultés récurrentes auxquelles sont confrontées les organisations seront mises en exergue. Enfin, les voies d'amélioration pour augmenter la résilience des acteurs à faire face à une crise seront présentées.

Cette seconde partie sera l'occasion de définir la crise de grande ampleur et de proposer un cadre systémique d'analyse. Sur la base de la modélisation des crises de grande ampleur, les bases théoriques de la méthode de veille stratégique du territoire, s'appuyant sur des outils et des méthodes d'aide à la décision seront posées.

Enfin, la troisième partie est consacrée à l'application de la méthode développée et à l'évaluation du potentiel de crise de diverses situations passées. Cette partie sera l'occasion d'effectuer un lien entre les apports théoriques ciblés dans la partie 1 et les résultats obtenus.

En conclusion, les limites et les perspectives de ce travail seront présentés.

L'intérêt et l'apport de ce travail de recherche ainsi que les différentes difficultés pratiques rencontrées seront détaillés. Enfin, quelques aspects méritant d'être approfondis dans le futur seront présentés.

Partie I

La gestion des crises.

Formulation des problématiques
et apports conceptuels

Chapitre 1

Contexte et formulation des problématiques

« Un cyclone est passé. Dans son sillage : désolation végétale, ruptures diverses et accablement des plus démunis...Mais les moments chaotiques sont souvent les lieux de renaissance. Toute régénération surgit toujours d'une perturbation.»

Chamoiseau, P., Glissant E, *Dean est passé, il faut renaître*, 2007.

-
- 1.1. Risques majeurs, accident et gestion des risques
 - 1.2. La Sécurité Civile : au centre de la réponse d'urgence
 - 1.3. De la théorie à l'opérationnel : illustration par deux observations
 - 1.4. Formulation des problématiques de recherche
-

Introduction

Avant d'approfondir la notion de crise, il est nécessaire de définir le préalable à ces situations, c'est-à-dire le risque majeur et ses modes de gestion. Dans un second temps, l'organisation de la Sécurité Civile est décrite selon un point de vue réglementaire, puis de manière détaillée en se basant sur des observations réalisées durant ce travail de recherche. Ce chapitre est également l'occasion de formuler les premières problématiques auxquelles sont confrontés les acteurs de la Sécurité Civile pour la gestion des crises et de mettre en évidence leurs besoins. Enfin, la démarche de recherche adoptée est exposée.

1.1. Risques majeurs, accidents et gestion des risques

L'objet de cette recherche porte sur les crises résultant de la matérialisation d'un risque majeur pour lequel une réponse opérationnelle de la Sécurité Civile, sous l'autorité du Préfet de département est mise en place.

1.1.1. Les risques majeurs et les nouvelles menaces

1.1.1.1. Les risques majeurs

Les risques ont toujours été inhérents à nos sociétés. Mais la manière de les appréhender, de les mettre en lumière a évolué dès la fin des années 1970, début des années 80 avec les premières recherches sur le sujet. Les catastrophes étaient imputées à Dieu, à la fatalité, puis au 18^{ème} siècle, elles sont devenues le produit du hasard tout en gardant un caractère exogène par rapport à l'action de l'homme. Dans les années 1970, plusieurs accidents (Feyzin, Flixborough, Seveso, l'Amoco Cadiz...) ayant provoqué des conséquences plus ou moins sévères sur le territoire, ont accentué cette idée. Les catastrophes naturelles et les accidents technologiques deviennent un objet d'étude. En 1980, le concept de **risque technologique majeur** est introduit par P. Lagadec (1980) afin « *d'indiquer clairement que nous avons changé de classe de risque, qu'il fallait repenser profondément nos raisonnements techniques et organisationnels et passer à des approches bien plus politiques* ». Ce concept prend toute sa dimension à la suite des accidents de Bhopal, de la navette Challenger et de la catastrophe de Tchernobyl. Ces événements ont fait prendre conscience à nos sociétés que l'homme, au travers de ses activités anthropiques pouvait être générateur de risques. Le risque est donc devenu un domaine d'étude pluridisciplinaire à la confluence des disciplines humaines,

sociales, scientifiques et techniques. De ce foisonnement de domaines d'étude jaillit une multitude de définitions (Ayrat, 2001, a) et de méthodes d'analyse et d'évaluation du risque (Tixier, 2002).

Le risque se définit comme la confrontation entre un phénomène dangereux, l'aléa, dont l'intensité et la probabilité d'occurrence sont évaluées, et les enjeux, possédant une certaine vulnérabilité, répartis sur un territoire (Cf. Figure 1) (Ayrat, 2001, b).

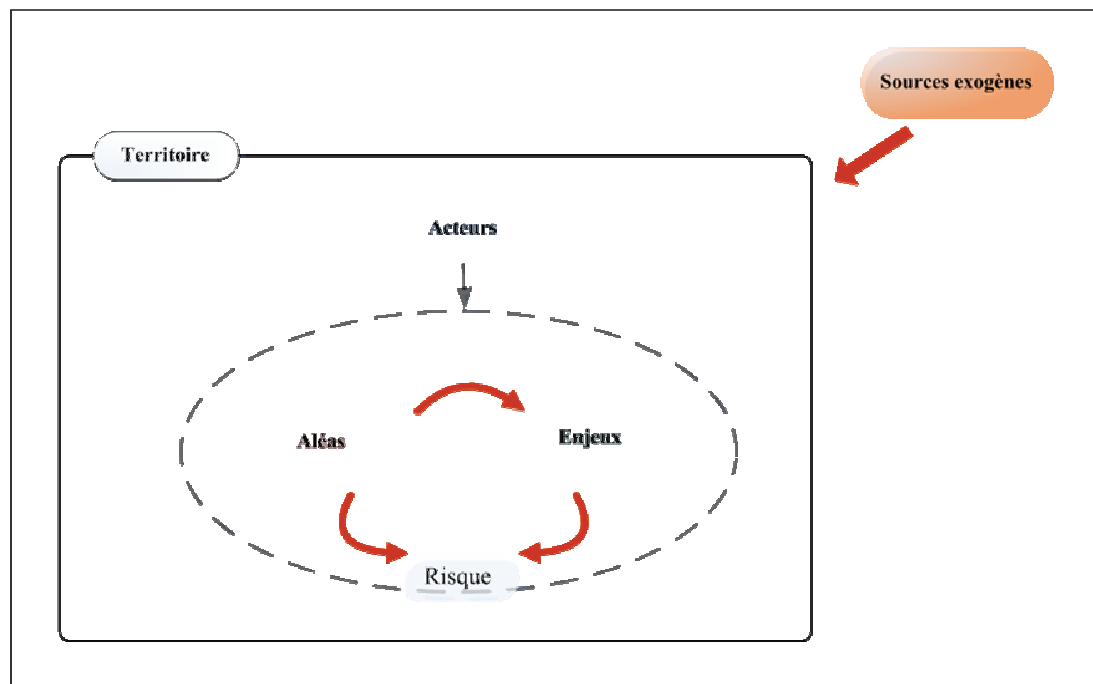


Figure 1 : Représentation simplifiée de la notion de risque sur un territoire

La notion de territoire varie en fonction des représentations des acteurs. Il peut-être assimilé à une commune, à un département, à une région ou à un pays. Des enjeux humains, environnementaux, matériels et des sources de danger sont répartis de manière inégale sur ce dernier. Il est en relation avec des territoires voisins pouvant également être source exogène de danger (Cf. Figure 1). Les acteurs correspondent, pour cette étude, aux populations et aux acteurs de la gestion des risques. Ils agissent sur un territoire et construisent des représentations de ce dernier (Ayrat, 2001, a). La notion de territoire se construit donc au travers des représentations des acteurs. Dans le cas présent, il correspond à un département, les acteurs étant représentés par la Sécurité Civile et le Préfet, ce dernier étant garant de la sécurité publique.

Le risque sera qualifié de majeur lorsque le scénario est caractérisé par une probabilité d'occurrence faible et une intensité élevée, capable de générer des conséquences dramatiques sur les populations. Trois types de risques sont inclus sous cette dénomination :

- les risques naturels,
- les risques technologiques,
- les risques liés aux transports collectifs.

A ceci, s'ajoutent des nouvelles menaces et vulnérabilités auxquelles sont confrontées nos sociétés.

1.1.1.2. Des nouvelles menaces...

Ces dernières années, de nouvelles menaces se sont profilées : actes terroristes, nouvelles formes d'épidémie comme le SRAS² ou l'épizootie aviaire. Au-delà des caractéristiques phénoménologiques différentes, ces situations ont en commun un caractère menaçant, un retentissement négatif sur les populations et la remise en cause des pratiques de gestion.

Les attaques du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis mettent en avant la preuve de l'existence d'un terrorisme de destruction de masse, placé sous le signe du « principe d'aggravation » (Heisbourg, 2006). Les actes terroristes sont avant tout des actes de communication visant à créer de l'effroi, via un nombre important de victimes, dans les populations (Heisbourg, 2006). La gravité des actes terroristes est démultipliée par l'impact sur les populations et les décideurs.

Les terroristes visent majoritairement, au travers d'actes à la bombe, des cibles vulnérables ayant un symbolisme humain, historique, économique ou politique fort. Le contexte international a également son importance. Les attentats de Londres ont eu lieu lors d'une semaine riche en événements (concerts mondiaux de solidarité pour les pays d'Afrique, annonce du choix de Londres comme ville organisatrice des Jeux Olympiques de 2012 et sommet du G8 en Ecosse). La menace terroriste peut également se matérialiser via l'utilisation de matières Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique (NRBC) afin de créer des « bombes sales ». Pour faire face aux menaces terroristes, le gouvernement français a renforcé son dispositif de protection déjà existant, en incluant de nouveaux objectifs tels que : la surveillance, la détection et la neutralisation des terroristes potentiels, la réduction des vulnérabilités, le renforcement des capacités de gestion des crises terroristes et l'augmentation des capacités de réparation et de sanction (SGDN, 2006).

² SRAS : Syndrome Respiratoire Aigu Sévère.

1.1.1.3. ...et de nouvelles vulnérabilités

A ces sources de risque, s'ajoutent également de nouvelles vulnérabilités liées d'une part, aux développements rapides des technologies, des progrès scientifiques (Lagadec, 2006), et d'autre part à l'interdépendance des pratiques économiques et gouvernementales. Des paramètres interagissent pour augmenter le degré de complexité des systèmes. De plus, la vulnérabilité des grands réseaux a été démultipliée en l'espace de 10 ans (Michel-Kerjan, 2003). Les black-out survenus aux Etats-Unis ou en Italie illustrent ces vulnérabilités, qui deviennent, à leur tour, sources de dangers et de menaces pour les populations. L'accroissement de l'urbanisation dans les zones à risques ajoute un degré de vulnérabilité des populations.

Les risques et les menaces font donc partie du domaine du probable. Lorsque l'évènement survient, les acteurs utilisent différentes dénominations pour qualifier la situation. Or il apparaît une certaine confusion dans la terminologie utilisée.

1.1.2. **Du risque à l'accident**

Incident, accident majeur, désastre, catastrophe et crise, une pluralité de termes qui amène une certaine confusion pour les gestionnaires. Comme le souligne H. Denis (1993), « *définir correctement l'évènement auquel on fait face est le premier moment du management d'une catastrophe* ». Une clarification de ces concepts selon une gradation de la gravité du phénomène est utile avant d'aller plus loin dans l'étude des situations de crise.

L'incident est communément utilisé dans l'industrie pour définir des évènements non souhaités n'ayant qu'un impact matériel faible ou ayant failli engendrer un accident (Perilhon, 2002). D'après Perrow (1999), un incident est une perturbation d'un composant ou d'une unité d'un système qui ne menace pas directement l'ensemble du système.

Un accident est défini comme un « *Évènement connu, répertorié, aisément isolable, dimensionné à l'intérieur d'hypothèses conventionnelles [...]* » (Lagadec, 2000). La situation accidentelle sera qualifiée de majeure lorsque les conséquences sur les enjeux sont importantes. D'un point de vue opérationnel, la gestion d'un accident même majeur est de type « routine ». Les acteurs appliquent, sans difficulté apparente, des plans de secours définis en amont ; ils sont en nombre limité (Lagadec, 1991).

Une catastrophe peut être assimilée à « *un évènement entraînant des conséquences graves sur les humains et qui surgit brusquement dans notre quotidien, sans avoir été prévu.* » (Denis, 1993). De manière classique, une catastrophe est définie selon son origine, ses

conséquences, son déroulement et son niveau de risque. Les catastrophes d'origines naturelles sont opposées aux catastrophes anthropiques. Que la catastrophe soit apparentée « au fait de dieu » (Nesmith, 2006) ou qu'elle soit d'origine physique et apparentée « au fait de l'homme », les sociologues du Disaster Research Centre (DRC) (Quarantelli, 1990) ne font pas de distinction selon l'origine puisqu'ils se focalisent principalement sur les conséquences sociales et les réponses des communautés. Une situation est qualifiée de catastrophe en fonction de la gravité et de la durée des conséquences sur les enjeux, du tissu social d'une collectivité, des tensions dans ce dernier (Denis, 2002). Des échelles de mesure des dommages ont été développées afin de quantifier, *a posteriori*, l'évènement. Dauphiné (2001) qualifie les situations d'accident, de désastre, de catastrophe, de catastrophe majeure ou de super catastrophe selon une gradation du nombre de victimes, des pertes financières et des pertes de biomasse. L'échelle européenne des accidents (Barpi, 2004) caractérise à posteriori, les effets et les conséquences d'une situation selon six niveaux allant de 1 (peu grave) à 6 (très grave).

Afin de gérer ces situations et éviter qu'elles ne se produisent, différents modes de gestion des risques sont définis.

1.1.3. La gestion des risques et des crises

La gestion des risques et des crises s'articule autour de trois phases (Cf. Figure 2) :

- l'amont : la prévention du risque (protection et prévision) et la préparation (planification et apprentissage),
- la gestion de la crise : la réponse opérationnelle,
- l'après crise : l'évaluation de la situation par retour d'expérience.

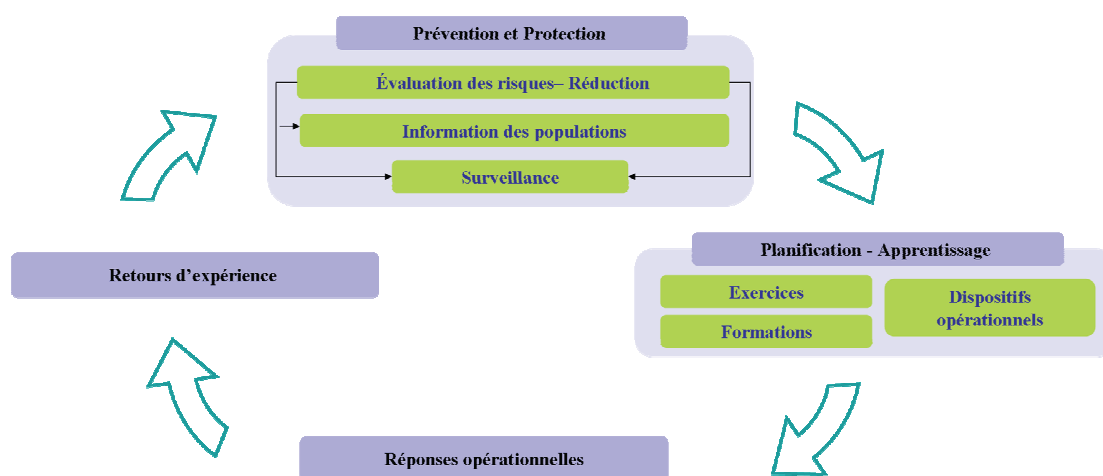


Figure 2 : La boucle de la gestion des risques et des crises en France

La prévention regroupe les activités proactives, mises en place par les organisations pour analyser et évaluer les niveaux de risque et de menace d'un territoire. Sur la base de ces études, des scénarios sur les accidents et crises potentiels sont établis afin de mettre en place des mesures de réduction des risques. En France, cette phase s'appuie sur la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003³ relative à la prévention des risques technologiques, naturels et la réparation des dommages.

La planification des secours, en France, repose actuellement sur la loi de modernisation de la sécurité civile du 13 août 2004⁴ et plus particulièrement sur les décrets d'application n°2005-1156 du Plan Communal de Sauvegarde⁵ et le décret n°2005-115 7 du plan ORSEC. Depuis ce dernier décret, le plan ORSEC⁶, dans chaque département et dans chaque zone, devient l'unique plan d'organisation des secours. Il s'articule désormais autour d'une organisation de gestion de crise commune et simplifiée, assortie d'un recensement des risques. L'organisation des secours se composera des dispositions générales et modulables de gestion de crise applicables dans toutes les circonstances ce qui définit le tronc commun ORSEC intégrant des plans d'urgence (Plan rouge). Il intègre également des dispositions spécifiques propres à certains risques préalablement identifiés au travers des Documents d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) et des Schémas Départementaux d'Analyse et de Couverture des Risques (SDACR) comme par exemple les plans inondation, les accidents de Transports de Matières Dangereuses (TMD), les plans particuliers d'intervention (PPI) ou les Plans de Secours Spécialisés (PSS). Sur la base des analyses de risques, les organisations vont alors planifier les ressources humaines et matérielles permettant de répondre aux scénarios établis, déterminer les moyens de communication, définir un réseau de structures de réponse supportant la coordination des acteurs. Tout un ensemble de plans est rédigé afin d'aider les décideurs au moment venu. Ils contiennent les différents scénarios de crises, des annuaires recensant les divers acteurs, la composition des cellules de crise, les rôles et les objectifs de chacun.

Cette phase de planification est également l'occasion de préparer les organisations, au travers d'exercices et de formations techniques, afin de répondre à des situations connues, définies en amont dans les scénarios de risques en appliquant des plans exposés précédemment.

Lors de l'occurrence d'un aléa, la réponse opérationnelle revêt différentes formes en fonction de la localité, de la durée et de la gravité des conséquences. Cet aspect sera plus particulièrement développé à la section 1.2.

³ JO du 31 juillet 2003.

⁴ Code des général des collectivités territoriales, articles L. 1424-7 et L. 3551-11

⁵ Article 13 de la loi de modernisation de la loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile

⁶ Pris pour application de l'article 14 de la loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile

Afin de capitaliser sur les connaissances tirées des événements passés, la pratique du retour d'expérience après des incidents, des accidents majeurs ou des crises, est largement répandue au sein des organisations. Une double finalité est recherchée (Wybo, 2003) :

- identifier les dysfonctionnements et les solutions envisagées pour y remédier ;
- apporter une source de connaissance, d'apprentissage et de formation afin de rendre l'organisation plus efficiente lors d'un prochain événement dommageable.

La gestion des risques et des crises en France repose sur de multiples acteurs ayant des missions différentes. La partie suivante se focalise plus particulièrement sur les acteurs de la Sécurité Civile et la description de la réponse opérationnelle mise en place lors des crises.

1.2. La Sécurité Civile : au centre de la réponse d'urgence

La protection des personnes, des biens et de l'environnement est placée sous l'autorité du Ministère de l'Intérieur au travers de deux directions : la Direction de la Défense de la Sécurité Civile (DDSC) et la Direction Générale de la Police Nationale (DGPN). Plus particulièrement, la gestion des risques, des accidents de la vie courante et des crises majeures, relève de la responsabilité de la DDSC.

L'objectif de la Sécurité Civile est « *la prévention des risques de toute nature, l'information et l'alerte des populations ainsi que la protection des personnes, des biens et de l'environnement contre les accidents, les sinistres et les catastrophes par la préparation et la mise en œuvre de mesures et de moyens appropriés relevant de l'Etat, des collectivités territoriales et des autres personnes publiques ou privées.*⁷ ».

1.2.1. L'organisation générale des secours en France.

La réponse opérationnelle mise en place pour répondre à des événements catastrophiques, implique de multiples intervenants, ayant des responsabilités et des rôles variés selon l'importance du territoire impacté. L'organisation de la Sécurité Civile s'articule selon quatre niveaux : national, zonal, départemental et communal. Chacun est composé d'une structure administrative dirigée par un fonctionnaire de l'Etat associé à un centre opérationnel. Le dispositif français s'articule avec ceux des autres pays communautaires au travers de l'échelon européen.

⁷ Article.1, Loi n°2004-811 du 13 août 2004

1.2.1.1. L'échelon européen

La réponse opérationnelle de la Protection Civile Européenne est placée sous l'autorité du centre de gestion et d'information dénommé Monitoring and Information Centre (MIC) situé à Bruxelles. Ce centre, activé 24h sur 24, regroupe les différents moyens de la Protection Civile des pays communautaires. Pendant la phase d'urgence, trois rôles sont attribués à ce centre :

- un lieu de communication : le MIC permet l'échange de ressources en offrant l'assistance nécessaire aux pays en difficulté ;
- un rôle informatif de prévention et de réponse. Le MIC dissémine de l'information et de la connaissance sur les moyens de préparation et de réponse. De plus, il transmet les alertes sur les risques naturels ;
- un support de coordination. Le MIC apporte de l'assistance aux communautés à deux niveaux : (1) il envoie des moyens en fonction des besoins, il identifie les manques et il procure une aide et des solutions aux problèmes, (2) il envoie, si nécessaire, des experts afin de répondre aux exigences de la situation.

1.2.1.2. L'échelon national

Selon la nature et l'ampleur de la crise, la conduite opérationnelle relève de la responsabilité de différents ministères. Dès lors que les questions de sécurité civile, d'ordre public ou de continuité de la vie collective deviennent prédominantes, le Ministre de l'Intérieur est en charge de la conduite opérationnelle. Lorsque plusieurs secteurs sont affectés, une cellule interministérielle est mise en place dans le but de coordonner l'action des différents ministères impliqués. Pour gérer ces situations de crise, le gouvernement et le Ministre de l'Intérieur disposent du Centre Opérationnel de Gestion Interministérielle des Crises (COGIC), placé sous l'autorité du Directeur de la DDSC.

De l'évènement accidentel aux troubles urbains en passant par les crises, le COGIC a pour mission quotidienne de recueillir et d'analyser les informations ayant trait à la sauvegarde des populations, des biens et de l'environnement. Il renseigne, dans son domaine de compétences, le cabinet du ministre de l'Intérieur de toutes situations justifiant des mesures d'urgence et peut répondre à toutes demandes d'expertise formulées, notamment par les autorités préfectorales. Il met en oeuvre les moyens nationaux d'assistance et de secours aux populations, en France au profit des départements et des zones de défense, comme à l'étranger dans le cadre d'actions humanitaires. Le COGIC est constitué de deux entités :

- d'un centre opérationnel de veille permanente, activé 24h sur 24h dont la mission principale est de recueillir et d'analyser des informations ayant trait à la sauvegarde des

populations, de l'environnement et des biens. Il constitue un outil primordial pour anticiper, suivre et coordonner l'ensemble des moyens de secours, humains et matériels, publics ou privés, locaux ou nationaux. Pour accomplir sa mission, le centre s'appuie sur un vaste réseau permanent de partenaires :

- les acteurs locaux de la Sécurité Civile que sont les Etats-Majors de Zones de défense (EMZ), les secrétariats généraux des zones de défense, les Préfets et les Services Interministériels de défense et de Protection Civile (SIDPC) ainsi que l'ensemble des unités opérationnelles de la DDSC. (les Unités d'Instruction et d'Intervention de la Sécurité Civile, les démineurs, les hélicoptères et les avions de la base de Marignane),
- le réseau gouvernemental qui fédère certains services du premier Ministre (Secrétariat Général de la Défense Nationale), les hauts fonctionnaires de défense et leurs services aux ministères, en contact permanent,
- le réseau des centres opérationnels qui associe différents centres spécialisés dans un domaine précis (Centre National d'Information Routière, Météo France, Institut National de Veille Sanitaire...).

– d'un centre de crise activé en cas de besoin qui permet d'assurer le suivi dans sa globalité d'une situation de crise et de contribuer à l'aide à la décision du Ministre de l'Intérieur et des divers acteurs impliqués.

Le COGIC est en liaison constante avec différents centres opérationnels comme celui de la Police Nationale, de la Gendarmerie, ou le Centre de Planification et de Conduite des Opérations (CPCO) du Ministère de la Défense.

1.2.1.3. L'échelon zonal

Le territoire métropolitain a été divisé en sept zones de gestion communes dites zones de défense, chacune englobant plusieurs régions. La préparation et la mise en œuvre de l'ensemble des mesures de défense et de sécurité civile sont coordonnées par le Préfet de zone, Préfet de la région chef lieu de la zone. Cet échelon est le lieu privilégié de la coopération civilo-militaire puisque le Préfet de zone veille également à la cohérence des plans civils de protection et des plans militaires de défense. Trois structures opérationnelles assistent le Préfet :

- un secrétariat général de zone de défense ;
- un Etat Major de Zone avec son Centre Opérationnel Zonal (COZ) actif 24h sur 24h ;
- un centre opérationnel de défense militaire ;

L'échelon zonal apporte un soutien et fournit des renforts aux départements lorsque leurs moyens sont déséquilibrés face à un événement d'ampleur importante.

1.2.1.4. L'échelon départemental

L'échelon départemental est placé sous l'autorité du Préfet, dépositaire de l'autorité de l'Etat. Il est responsable de la préparation et de l'exécution des mesures de défense qui n'ont pas un caractère militaire et il est garant de l'ordre public, de la sécurité et de la protection des populations. Lors de la survenue d'un évènement catastrophique, il dispose de l'ensemble des moyens de secours publics ou privés et peut activer, dès que la situation l'exige, un Centre Opérationnel Départemental (COD) dont il devient le Directeur des Opérations de Secours (DOS). Le Préfet est assisté d'un Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (SIDPC) qui, conjointement avec les Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS), rédige les plans de secours. Le Préfet lors d'une crise est en relation permanente avec les services déconcentrés de l'Etat (DDE, DRIRE, DDASS, ...) et les collectivités territoriales. Cet échelon sera détaillé plus précisément à la section 1.3.

1.2.1.5. L'échelon communal

Responsable de la sécurité de ses administrés et disposant d'une connaissance des réalités locales, le maire est un maillon essentiel dans le dispositif d'organisation de la sécurité civile. Lors d'évènements sur sa commune, le maire, de part son pouvoir de police, devient directeur des opérations de secours (L2211-1, L2212-2 et L2215-1 du code général des collectivités territoriales). Il est également responsable de l'élaboration des Plans Communaux de Sauvegarde (Art 13 de la loi n° 2004-811 du 13 août 2004). Leur vocation première est d'acquérir localement une connaissance approfondie des risques, de renforcer les dispositifs d'alerte et d'information des populations, de recenser les moyens disponibles en cas d'évènements catastrophiques et d'apporter une réponse opérationnelle efficace au niveau communal.

Ainsi, selon l'intensité de la situation, ces divers échelons vont s'activer et se coordonner. Cette organisation hiérarchique de type pyramidal (Cf. Figure 3) s'étoffe de divers acteurs (Médias, experts, ...) pour constituer une organisation opérationnelle de crise.

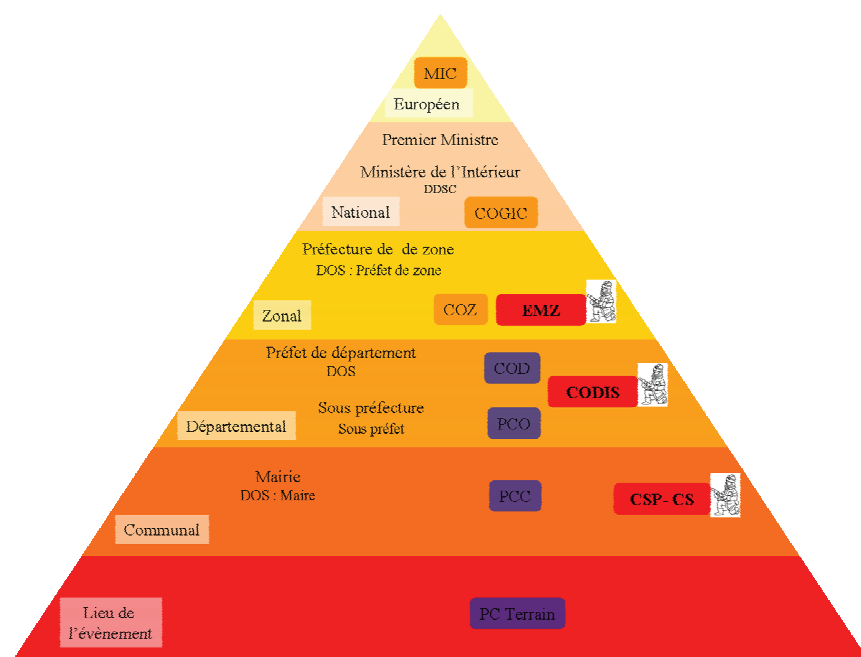


Figure 3 : Organisation pyramidale de la Sécurité Civile

1.2.2. Les moyens opérationnels

La gestion d'une situation accidentelle ou d'une crise implique de nombreux acteurs ayant des fonctions variées. Les missions de Sécurité Civile sont principalement assurées (Art 2, de la loi n° 2004-811 du 13 août 2004) par les sapeurs pompiers professionnels et volontaires des Services Départementaux d'Incendie et de Secours, les personnels des services de l'Etat, les militaires des Unités Spéciales (UIISC).

D'autres acteurs concourent également aux actions de Sécurité Civile lorsque des missions de protection des populations ou de maintien de la continuité de la vie normale l'exigent tel que :

- Les services médicaux d'urgence avec les Services d'Aide Médicale d'Urgence (SAMU) appuyés par les Services Mobile d'Urgence et de Réanimation (SMUR),
- les services de santé ;
- l'armée, la gendarmerie nationale, la police nationale ;
- les agents de l'état et les collectivités territoriales ;
- les établissements publics ou privés (DDE, DRIRE, DDASS, DDAF, SNCF ? RATP, ...)
- les associations ayant la sécurité civile comme objet social (Croix Rouge, Protection Civile), les réservistes de la Sécurité Civile.

1.2.3. Les différents dispositifs en fonction de la gravité de la situation

La mise en place des dispositifs opérationnels se fait selon une gradation de la gravité des événements. Le tableau 1 synthétise les différents cas de figures (DDSC, 2006).

Tableau 1 : Synthèse des dispositifs en fonction de la gravité de l'évènement (DDSC, 2006)

Evènements		Acteurs	Dispositifs		
Exemples	Caractéristiques		DOS	P.C	COD
Accident routier simple, Incendie simple	Localisé et courte durée, conséquences immédiates	Services de secours	Maire	P.C Service	Veille
Accident routier Incendie important		Services de secours avec renforts		P.C inter services P.C.C	Suivi
Accident routier avec de nombreuses victimes, Accident de TMD, Incendie avec problématiques particulières (PPI)	Localisé et quelques heures, conséquences immédiates	Services d'urgence + autres acteurs	Préfet	P.C.O Pc de services P.C.C	Appui du COD
PPI type AZF Toulouse Pollutions (Erika, Prestige) Inondations, Intempéries	Localisé multi-sites, Durée de plusieurs jours Conséquences évolutives	Services d'urgence + autres acteurs		Un ou plusieurs PCO Pc de services et P.C.C	Direction
Tempêtes type 1999, Pandémie Inondations types 2002 dans le Gard Accident nucléaire	Touchant une partie ou la totalité du département, durée de quelques jours à plusieurs semaines et conséquences évolutives	Mobilisation générale			Direction renforcée

PC : Poste de Commandement – PCC : Poste de Commandement Communal – PCO : Poste de Commandement Opérationnel – COD : Centre Opérationnel Départemental – DOS : Direction des Opérations de Secours

Ainsi, tous ces acteurs s'organisent sous la responsabilité du Directeur des Opérations de Secours afin d'œuvrer vers un même but commun : gérer des situations accidentelles ou de crise afin de protéger les citoyens, les biens et l'environnement.

1.3. De la théorie à l'opérationnel : illustration par deux observations

En se basant sur des observations d'exercices et de cas réels, l'objectif de cette partie est de décrire le Centre Opérationnel Départemental. Selon la gravité et l'ampleur du phénomène, plusieurs communes voire un département dans sa globalité peuvent être atteints. De fait, les principales décisions lors de crise sont prises au niveau départemental. Le département correspond donc à l'échelle d'étude. Les observations menées permettront de définir les diverses problématiques rencontrées par les acteurs de la Sécurité Civile.

1.3.1. Les observations de terrain

Afin de tester les mesures mises en place lors de la phase de planification, des entraînements et des exercices sont réalisés régulièrement. Par ce biais, les acteurs valident les procédures et les outils élaborés pour faire face à des situations d'accident majeur ou de crise. Deux cas ont été retenus : le premier concerne un exercice européen qui a eu lieu en 2005, le second cas se focalise sur les inondations de septembre 2005 dans le Gard.

1.3.1.1. L'exercice Européen Euratech

Le mardi 12 avril 2005, à 8h30, un accident ferroviaire s'est produit à la gare de triage de Portes-lès-Valence. Un train transportant des matières dangereuses, composé de 7 wagons, déraile au niveau de la gare. Cet accident provoque le déversement de carburant liquide qui s'enflamme automatiquement provoquant un BLEVE d'un des wagons. Des incendies secondaires apparaissent sur les autres parties du train. Au même moment, un train de voyageurs en provenance de Lyon-Perrache passant à proximité des wagons, déraile à son tour. Environ 1 000 personnes sont impliquées. Les infrastructures et les habitations environnantes sont également touchées. Ces observations, en temps réel, ont été réalisées conjointement au COD, au Poste Médical Avancé (PMA) et au Poste de Commandement Fixe (PC Fixe).

1.3.1.2. Les inondations de septembre 2005 dans le Gard

Le département du Gard, et le pourtour du bassin méditerranéen, subissent, et ce de manière récurrente de septembre à décembre, de fortes précipitations orageuses. Ces phénomènes météorologiques provoquant des crues éclair conduisant à des inondations dites rapides, extrêmement dommageables pour les personnes, les biens et l'environnement.

Du 5 septembre 2005 à 16 heures au 8 septembre 2005 à 5 heures, deux épisodes hydrométéorologiques intenses affectent les départements du Gard et de l'Hérault. Le lundi 5 septembre, le Préfet du Gard, par le biais d'un communiqué de presse, appelle à la vigilance les populations du Gard. Météo France avait émis un bulletin de vigilance météorologique de niveau 3 sur une échelle comportant 4 niveaux, concernant un épisode de fortes précipitations et d'orages devant affecter l'est du Languedoc Roussillon à compter de 16 heures et ce jusqu'au mercredi 7 septembre 2005 à 12 heures. La préfecture du Gard, avertie de ce bulletin d'alerte, décide d'ouvrir à 10h45 le COD en préfecture. A 11h15, les maires des différentes communes du département sont informés, via le système de Gestion d'Alerte Locale Automatisée (GALA), du passage en vigilance rouge (Niveau 4). Les acteurs concernés par la gestion de l'évènement rejoignent le COD. Ces observations en temps réel, ont été faites depuis le COD.

1.3.2. Description du fonctionnement du Centre Opérationnel de Défense

Cette partie se focalisera sur le fonctionnement interne du Centre Opérationnel de Défense (COD), sur la base des observations faites lors de l'exercice Euratech et des inondations de 2005 et sur des apports bibliographiques. La structuration du COD peut être évolutive en fonction du département et de la nature de l'évènement.

Le COD est activé sur ordre du Préfet lorsque la situation le nécessite, après réception d'une vigilance météorologique ou d'une alerte (lors d'accidents industriels) provenant soit :

- de l'exploitant d'une installation industrielle lorsque le sinistre dépasse l'enceinte du site. Dans ce cas là, le Préfet déclenche le Plan Particulier d'Intervention ;
- des services de Météo France (Services de Veille) dans le cas de phénomènes météorologiques ;
- des Services de Prévision des Crues ;
- des Services de Secours (Services de Veille) ;
- des maires lorsque ces derniers sont dans l'incapacité de gérer et de contenir le sinistre.

Dès la réception de la vigilance ou de l'alerte, les agents du SIDPC préviennent les acteurs susceptibles d'intervenir. Une liste des personnes prenant part au processus de gestion est consignée dans l'annuaire de crise. Progressivement, les différentes entités publiques comme privées rejoignent le COD et s'organisent en fonction des missions qui leur sont confiées.

1.3.2.1. Des missions diverses

Les missions prioritaires à assumer pendant la phase opérationnelle de la gestion de la crise, selon la circulaire du 26 mars 1993, sont :

- la protection des populations (alerte, information, secours) ;
- la continuité de l'action gouvernementale (sécurité des bâtiments publics, points sensibles, transmissions et communications) ;
- le maintien de la sécurité intérieure et la maîtrise des problèmes d'ordre public ;
- la garantie et la protection des fonctions essentielles à la vie nationale (ravitaillement, transports, production d'énergie, de télécommunication) ;
- la communication à destination du public et de la presse.

Sur la base des observations et du guide d'aménagement des centres opérationnels de préfectures (DDSC, 2002), l'ensemble des missions exercées au COD peuvent être regroupées selon sept cellules principales amenées à varier selon l'évènement (Cf. Figure 4) :

- la cellule commandement ;
- la cellule soins secours sauvetage ;
- la cellule hébergement ;
- la cellule ordre public ;
- la cellule expertise-évaluation ;
- la cellule réseaux vitaux ;
- la cellule transmission technique ;
- la cellule réponse aux appels du public.

Cette typologie est évolutive en fonction du mode de management du Préfet. En effet, certains décideurs préfèrent prendre du recul par rapport à la situation et se baser au COD, d'autres, agissant directement sur le terrain, déconcentrent la cellule de crise.

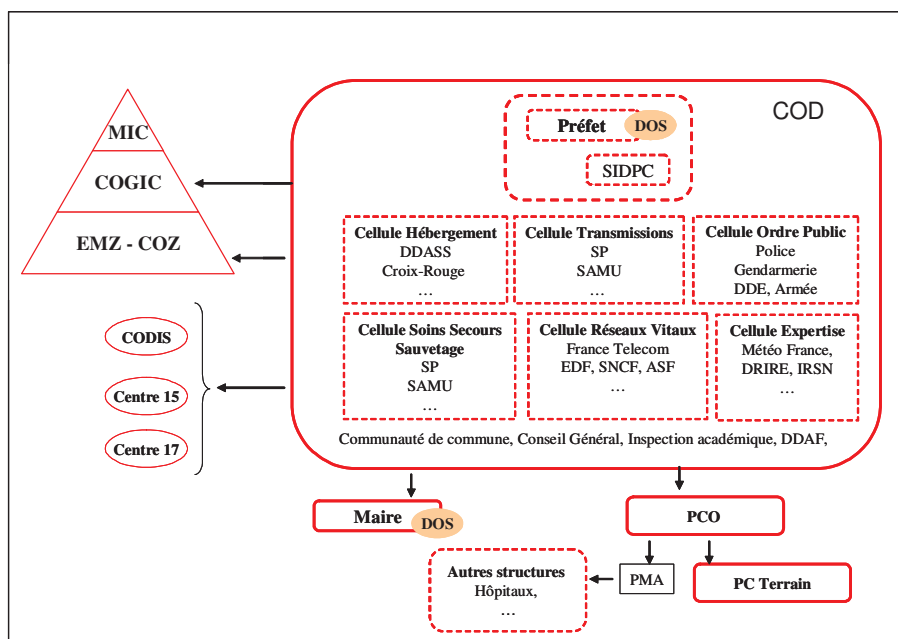


Figure 4 : Organisation de la réponse de sécurité civile

Le commandement du COD est placé sous l'autorité du Directeur des Opérations de Secours (DOS), fonction assurée par le Préfet. En l'absence de ce dernier, cette fonction peut être confiée par intérim au Directeur de cabinet du Préfet. Le DOS est secondé par le personnel du Service Interministériel de Défense et de Protection Civile (SIDPC). Des attachés de préfecture sont également informés de la situation et rejoignent le COD afin d'assurer les fonctions de logistique et de secrétariat. De plus, une cellule de communication est activée pour la prise en charge des médias, l'organisation des conférences de presse, la rédaction et la diffusion des communiqués de presse afin d'informer les populations. Quatre moyens de communication sont privilégiés : un affichage des communiqués de presse, une diffusion sur le site Internet de la Préfecture, une diffusion sur Radio France Bleu et une diffusion télévisée sur les chaînes locales et nationales. En 2004, à la suite des inondations de 2002 dans le Gard, une convention a été signée, entre la DDSC et Radio France⁸ permettant ainsi une information des populations. La cellule de commandement, synthétise l'ensemble des informations provenant des autres cellules et coordonne l'action des divers moyens.

⁸ Circulaire NOR/INT/E/04/00001/J du 5 janvier 2004

La cellule *soins secours sauvetage* définit et coordonne les stratégies en termes de secours à victimes. Elle est composée de représentants des Sapeurs Pompiers et des Services Aide Médicale d'Urgence (SAMU). Les acteurs assurent, via le CODIS et le Centre de régulation du 15, les actions de planification des secours et de sauvetage des personnes sinistrées et informent le Préfet de la situation. Ils anticipent également les conséquences afin de demander, si nécessaire, des renforts auprès de la zone de défense.

La cellule *hébergement* a en charge la gestion des hébergements et des centres d'accueil pour les personnes sinistrées. Les missions sont assurées par des représentants des Services de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) et de la Croix-Rouge. Lorsque les victimes sont en nombre important, l'armée vient en support. Les acteurs recensent les différents lieux d'hébergements et les ressources nécessaires à leur fonctionnement. Les inspections académiques et les Conseils Généraux sont également parties prenantes de cette mission puisqu'ils ont la charge et la gestion des établissements scolaires (internats et gymnases), lieux potentiels d'accueil.

La cellule *ordre public* est composée des représentants des forces de police et de la gendarmerie nationale. Ils ont en charge le maintien de l'ordre, la définition des points de blocage des routes pour la mise en sécurité des personnes avec l'aide conjointe des Services de la DDE (mise en place de barrages routiers). Ils recensent également les indices et ils facilitent les enquêtes judiciaires. Ils coordonnent également l'action de la police et de la gendarmerie sur le terrain.

La cellule *expertise et évaluation* a en charge principalement l'analyse de l'évènement déclencheur. La présence et les compétences des experts présents en cellule de crise varient en fonction de l'évènement. Dans le cas d'évènements déclencheurs de type naturel et principalement lors d'inondations, un prévisionniste des Services de Météo France est présent. Dans le cas d'un accident industriel, un représentant des services de la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) et le représentant de l'exploitation industrielle sont présents. Pour un évènement de type radiologique ou nucléaire, des experts des services de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire peuvent intervenir. Lors d'une pollution accidentelle des ressources en eau, des sols ou de l'air, l'évaluation des rejets et de la toxicité est assurée par la DDASS qui prend appui sur des experts.

Lors d'une crise, *les réseaux vitaux* (Electricité, télécommunication, autoroute, SCNF,...) sont extrêmement vulnérables. Des représentants des grands opérateurs sont donc présents au COD. Ils déterminent les stratégies à mettre en place, ils coordonnent leurs moyens avec ceux des autres entités et informent le Préfet de la situation.

Selon l'ampleur et la nature de la situation, d'autres acteurs s'ajoutent à ce dispositif de base comme par exemple des représentants des mairies, des communautés de communes, de l'Office National des Forêts, des radios France Bleu,...

Chaque acteur présent en cellule de crise est relié en permanence à son service d'appartenance permettant de relayer des informations et les décisions prises en cellule de crise. Les acteurs présents au COD vont à la fois collecter de l'information et analyser, évaluer la situation, communiquer et informer soit les personnes susceptibles d'intervenir dans la gestion de l'évènement, soit le public (Wybo, 1998)

Le nombre d'intervenants présents en cellule de crise augmente en fonction du niveau de gravité de la situation. Pour la gestion d'un accident, quelques spécialistes suffisent. Les situations de crise requièrent une convergence beaucoup plus importante d'acteurs qui doivent se coordonner.

1.3.2.2. et un travail coordonné ...

La coordination des diverses missions permettant d'assurer une gestion efficace de la situation nécessite un partage d'informations et de connaissances. La gestion des informations et des communications en cellule de crise est donc capitale. Les diverses informations provenant notamment du lieu de l'évènement, vont être analysées, synthétisées et regroupées afin que les acteurs en cellule de crise développent une représentation commune de la situation.

Cinq voies principales de recherche et de partage de l'information, observées lors des deux cas pré-cités, peuvent être définies :

- chaque acteur communique avec son homologue présent sur le terrain ou au siège de sa structure. Les téléphones portables sont utilisés régulièrement pour contacter les personnes concernées ;
- l'utilisation de la main courante : toutes les informations convergentes au COD sont consignées dans la main courante puis partagées au travers de transmission par vidéo projecteur ou papier ;
- des points de situations réguliers : le DOS procède régulièrement (toutes les une ou deux heures) à un point de situation. Chaque acteur synthétise son point de vue, ses actions engagées, les problématiques auxquelles il doit faire face. Les acteurs, ont donc une connaissance de l'ensemble des actions, des difficultés et partagent ainsi, une même représentation de la situation ;
- des communications informelles entre les acteurs, en fonction de leurs affinités ;
- des références au passé. Les expériences antérieures acquises et capitalisées par les acteurs servent de base à la coordination.

1.3.2.3. ...mais des problématiques récurrentes

Les observations de ces exercices ont permis de mettre en évidence certaines problématiques récurrentes :

- *des plans non mis à jour*. comme la non mise à jour des annuaires de crise ou des fichiers recensant les lieux d'hébergements ;
- *la réception et le traitement* de la demande de mise en alerte lors d'un accident industriel et de la vigilance dans le cas de phénomènes naturels : du fait principalement de défauts techniques, les alertes et les vigilances peuvent être, soit non reçues par les services concernés, soit non diffusées à l'ensemble des populations. De ce fait, la mise en alerte et le confinement des personnes en sont ralentis ;
- *des problèmes techniques de transmission des informations*. Les principales difficultés en termes de circulation et de transmission de l'information entre les acteurs (du terrain vers le COD) proviennent de problèmes techniques. Comme souligné précédemment, l'information et donc la connaissance qui en découle sont primordiales pour l'anticipation de la situation, la coordination des actions et la prise de décisions ;
- *des problèmes de communication et de langage commun* : les acteurs communiquent entre eux, au sein du COD, et vers l'extérieur, auprès des médias et des populations. Les messages doivent être clairs et chaque personne doit être en mesure de les recevoir. De plus, le manque actuel d'une culture de crise et d'un langage commun entre les différents acteurs accentue ces problèmes. Certains écarts se créent nécessairement lors de ces phases de communication, entraînant une incompréhension entre les acteurs, des conflits voire des rumeurs. La communication entre les acteurs, au sein du COD peut être altérée également par l'ergonomie de la salle de crise. Le cloisonnement des acteurs perturbe les échanges d'informations ;
- *des frustrations* de la part des acteurs présents au COD peuvent apparaître car ils n'ont qu'une vision construite à partir des informations qu'ils reçoivent et non une vision concrète de la réalité ;
- les situations de crise comme par exemple celle des inondations de 2005 induisent du *stress* chez certaines personnes, particulièrement lors de leur première expérience face à ce type de crise. Les acteurs présents en cellule de crise sont avant tout des hommes et des femmes qui ont également une famille pouvant faire partie des victimes, ajoutant une source supplémentaire d'inquiétude et de stress.

La gestion d'une situation de crise requiert la convergence d'acteurs variés, chacun ayant une sensibilité, une expérience et un bagage technique différent. Du fait de la complexité de l'évènement d'une part, et de la dimension humaine de la réponse, les acteurs sont confrontés à plusieurs problématiques récurrentes telles que des difficultés de communication et de compréhension entre acteurs, des difficultés techniques.

1.4. Formulation des problématiques de recherche

La section 1 a défini le contexte des risques majeurs, des nouvelles menaces et des vulnérabilités auxquelles la Sécurité Civile est confrontée. La section 3, en s'appuyant sur deux observations de terrain, a exposé une description du fonctionnement du COD, pierre angulaire du dispositif opérationnel et niveau d'analyse de cette étude, et a mis en évidence des problèmes récurrents lors de la gestion de crise. Des interviews menées auprès d'acteurs de la Sécurité Civile ont permis de compléter ces problématiques et de définir les besoins des décideurs, c'est-à-dire les Préfets, en termes de gestion des crises. Les problématiques de cette recherche peuvent être rattachées aux quatre phases de gestion, les deux premières sont regroupées sous l'item « l'amont des crises »

1.4.1. L'amont des crises : la prévention, la planification et l'apprentissage

Lors de certaines situations extrêmes, les décideurs peuvent être dépassés du fait de l'ampleur des dommages d'une part, la soudaineté de la situation d'autre part et également par l'apparition de nouvelles menaces et vulnérabilités pour lesquelles ils n'étaient pas préparés. Ils se retrouvent face à des circonstances qu'ils n'avaient pas ou pu anticiper du fait d'un manque d'information et de connaissance. Ainsi, les besoins exprimés par les décideurs se situent au niveau de l'amélioration de la connaissance sur les situations de crise, et plus particulièrement sur l'enchaînement des paramètres conduisant à l'émergence de ces dernières et à l'effet boule de neige (Lagadec, 1991) tant redouté. Ces apports viendront perfectionner les phases de prévention et d'apprentissage.

1.4.2. La gestion des crises

Pendant la phase aiguë de la crise, les acteurs fondent leurs décisions sur les informations recueillies et leurs connaissances personnelles. Or, comme cela a été souligné, les échanges d'informations entre acteurs et donc la communication qui en découle, sont souvent perturbés. De plus, certaines situations, du fait de la présence d'évènements simultanés et de paramètres aggravants, s'amplifient et obscurcissent la vision des décideurs.

Pour se faire, la Sécurité Civile a exprimé le besoin de disposer d'un système de veille leur permettant de recueillir, de trier et de synthétiser les informations émanant du terrain afin de préparer les décisions des acteurs dans l'objectif d'anticiper et de gérer une situation extrême lorsqu'elle se présente.

1.4.3. L'après crise ou la conduite du retour d'expérience

La pérennisation des connaissances acquises lors des situations de crise se fait au travers des retours d'expérience. Ainsi, un effort doit être mené à ce niveau afin d'intégrer les mécanismes et les facteurs qui ont contribué à provoquer une situation de crise.

Les problématiques de cette recherche se situent donc à deux niveaux :

1. Améliorer la connaissance des situations de crise et plus particulièrement sur les situations d'exception que représentent les crises de grande ampleur. A terme, les acteurs de la Sécurité Civile doivent partager une culture de crise commune. Mais comment construire une culture commune des crises multi et pluri acteurs. Qu'est ce qu'une culture des crises ?

2. Fournir un système de veille et d'expertise permettant aux décideurs d'anticiper sur une situation de crise de grande ampleur et éviter son amplification.

1.4.4. Démarche de recherche

Ce travail de recherche se décompose en trois parties.

Afin de répondre à la première problématique, des voies d'améliorations de la connaissance sur les crises et leurs modes de gestion sont abordées selon deux angles de vues que sont l'approche de type évènement et l'approche de type processus. Au travers d'un état de l'art, le chapitre 2 précise les concepts de crise, d'organisation et de prise de décision. Sur la base de ces éléments, le chapitre 3, en s'appuyant sur plusieurs retours d'expérience, établit un lien entre les réalités des crises et les concepts théoriques. Enfin, le chapitre 4 met en avant les voies d'amélioration possibles de la gestion des crises.

La seconde partie du document comporte trois chapitres et apporte des éléments de réponse à la deuxième problématique. Le chapitre 5, définit la crise de grande ampleur et propose une modélisation des crises, basée sur une approche systémique. Selon les trois modèles proposées, un ciblage des informations permettant leur évaluation est proposé. Dans l'objectif de proposer une méthode d'aide à la décision pour gérer les crises, le chapitre 6, présente les deux méthodes d'aide à la décision retenues. Le chapitre 7, expose quant à lui, les grandes étapes de la mise en œuvre de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur.

La troisième partie est consacrée à l'application de la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty (chapitre 8) et les réseaux de neurones (chapitre 9) afin d'établir le potentiel de crise de dix-huit retours d'expérience. Le chapitre 10 est l'occasion de comparer les deux approches et d'établir les liens entre les aspects théoriques des crises et les résultats obtenus au cours de cette partie.

Chapitre 2

Du terrain du risque au terrain de la crise.

Qu'est ce qu'une surprise ? Un évènement inattendu qui provoque en nous de la peine ou de la joie ; c'est bref une surprise ; on s'en remet toujours, qu'elle soit bonne ou mauvaise. Mais comment appeler une surprise sans fin et sans convalescence ? Une surprise qui nous empêche de revenir à la normale ? Comment appeler une surprise qui ne se résout pas en chagrin ou en plaisir ? Une surprise qui demeure une surprise ? Une flèche qui nous fige définitivement dans la perplexité ?

Schmitt E.E., *L'évangile selon Pilate*, 2000.

-
- 2.1. Du concept de risque au concept de crise
 - 2.2. Comment naissent, se développent et meurent les crises ?
 - 2.3. L'organisation à l'origine des crises.
 - 2.4. Les structures des organisations
 - 2.5. Organisations et processus de décision
-

Introduction

Les situations de crise soulèvent plusieurs interrogations : que signifie le concept de crise ? Les situations de crises ont-elles un avant et un après ? Comment naissent-elles ? Sont-elles provoquées par des événements extérieurs aux organisations ou bien sont-elles le produit des organisations ? Comment les acteurs réagissent-ils face à ces situations extrêmes ?

L'étude des situations de crise se situe à la confluence de plusieurs approches et de plusieurs disciplines : approche du chercheur ou approche du praticien (Robert, 2005), approches théoriques ou approches pratiques et ce dans les domaines des sciences humaines et sociales, des sciences de gestion ou des sciences de l'ingénieur.

L'intérêt de cette thèse réside dans l'apport conjoint de deux conceptions de la crise : la crise étudiée comme la réalisation de manière hors norme d'un risque majeur ou d'une menace terroriste, et la crise comme le produit des organisations.

La première partie de ce chapitre apporte un éclairage pluridisciplinaire sur le concept de crise afin de mettre en exergue les caractéristiques de ces situations. La seconde partie sera consacrée aux processus et aux causes conduisant à l'émergence et au développement des crises. Enfin, la dernière partie étudiera le vécu individuel et collectif des acteurs.

2.1. Du concept de risque au concept de crise

De nombreux essais de théorisation de la notion de crise ont été menés durant les années quatre-vingt laissant croire que « l'affaire était entendue » selon Lagadec (Gilbert, 2002). Or, la multitude de définitions émanant des différents domaines de recherche amène du flou, de l'ambiguïté dans ce concept (Roux-Dufort, 1999). En se basant sur différents courants de pensée, l'objectif de cette partie est d'esquisser les contours d'une définition de la crise.

2.1.1. Etymologie du terme crise

Au cours des siècles, la signification du mot crise a revêtu différents sens selon le domaine d'étude et l'évolution de la recherche. Crise dérive du grec ancien *krisis*, qui signifie la décision. Le terme était employé en médecine pour désigner le moment à partir duquel le médecin devait décider du traitement du malade car il était en phase grave d'une maladie. L'équivalent en latin renvoie au terme *discriminen* signifiant ce qui sépare et qui correspond à un moment de décision.

La langue française (Larousse 2005) hérite de ce terme qu'elle cantonne au domaine de la médecine (crise de nerf, crise d'adolescence) puis par extension qu'elle utilise pour qualifier des moments d'extinction dans le domaine de la géologie et de la biologie (crise du permien et du crétacé correspondant à l'extinction de certaines espèces animales), une phase de rupture d'équilibre entre des grandeurs économiques (crise économique), une remise en question du pouvoir exécutif (crise politique, ministérielle).

Dans la langue chinoise, le sinogramme de la crise est défini à partir de deux symboles, l'un signifiant danger, l'autre opportunité.

L'étymologie du terme crise fait ainsi apparaître quelques attributs : décision, moment, rupture, remise en question du pouvoir, danger mais également opportunité.

Comme le soulignait E Morin (1976) dans son essai « Pour une crisologie » :

« La notion de crise s'est répandue dans tous les domaines [...]. Mais cette notion en se généralisant s'est comme vidée de l'intérieur. (Morin, 1976) ».

Plusieurs analyses des définitions de crise ont été faites afin de cerner ce concept (Forgues, 1998 ; Lagadec, 1991 ; Jacques, 1997, Libaert, 2003). Or ces définitions semblent difficilement agrégables puisque, selon le domaine d'étude et le courant de pensée adopté, les situations de crises sont étudiées de manières différentes (Turner, 1978 ; Forgues, 1993).

Plusieurs angles de vues sont envisagés pour comprendre les crises : énumération de leurs caractéristiques, détails de leurs causes et de leurs conséquences au travers de définitions synthétiques, développement de typologies de crise basées sur les observations de similarités.

2.1.2. Les caractéristiques des crises dans les définitions

Hermann (1963, in Billings, 1980) définit la crise comme un évènement ayant trois caractéristiques :

- la mise en péril des objectifs prioritaires de l'organisation ;
- un temps de décision court, les décisions peuvent seulement être prises lors de circonstances favorables ;
- la surprise : le côté inattendu ou non anticipé par les décideurs.

Faulkner (2001) énumère les caractéristiques suivantes pour définir une crise :

- un évènement déclencheur assez significatif pour menacer les structures, les opérations de routine et la survie d'une organisation ;
- une menace élevée, un temps de décision restreint, la surprise et l'urgence ;
- la perception d'une incapacité à répondre à l'évènement ;
- une situation de changement « turning point », des effets positifs ou négatifs du changement ;

- une situation perçue comme fluide, instable, dynamique voir chaotique.

Boin et Lagadec (2000), ayant constaté un changement de nature et de terrain des crises, proposent de nouvelles caractéristiques pour définir les crises futures :

- le changement est irréversible ;
- les crises ne sont plus dues à un évènement spécifique mais à une mise en résonance globale et polymorphe des systèmes ;
- les procédures doivent être repensées dans leur globalité ;
- il existe un déséquilibre, une décomposition et une désintégration profonde des systèmes ;
- la crise est itérative avec cristallisation rapide du contexte ;
- la crise est transfrontalière et globale.

Ces nouvelles crises sont qualifiées d'inconcevables, d'impensables. Les multiples attentats terroristes depuis 2001 ont étoffé cette idée.

Ces définitions apportent un éclairage sur le phénomène de crise dans son ensemble sans détailler les causes primaires et les conséquences. Une situation de crise est donc un phénomène menaçant, surprenant car non prévu.

2.1.3. Des définitions synthétiques des crises

Deux types de crises sont envisagés dans notre propos : les crises organisationnelles et les crises de désastres ou de catastrophes. Le premier type est étudié principalement par le domaine des sciences de gestion qui mettent au centre de la réflexion l'organisation en tant qu'initiateur de la crise. Le second type, quant à lui peut être rattaché à l'étude plus générale des catastrophes et des désastres provoqués par un agent naturel ou anthropique.

2.1.3.1. Les crises organisationnelles

Les crises organisationnelles sont définies comme des évènements de faible probabilité, à forts impacts, menaçant la survie des organisations, de par l'ambiguïté des causes, des effets et des moyens de résolution (Pearson, 1997 ; Loosemore, 1998, Sayech, 2004, Sommer, 2006). Shrivastava (1988) définit les crises industrielles comme des phénomènes organisationnels et inter organisationnels, provoqués par des activités organisées entraînant des dommages pour la vie humaine, l'environnement naturel et social ainsi que pour les organisations

Selon les auteurs, les crises résultent des activités à risque des organisations et menacent ces dernières par leur ambiguïté et la complexité de leurs causes et conséquences.

2.1.3.2. Les crises résultantes d'un désastre ou d'une catastrophe

L'utilisation du terme désastre pour nommer des situations de menace pour les communautés, provoque une certaine confusion.

Un désastre est perçu comme un événement dramatique occasionnant des destructions massives sur les structures techniques, sociales, organisationnelles et économiques des communautés. Les organisations et les entités de réponse sont impactées (Quarantelli, 2000) et elles sont en proie à de multiples problèmes de gestion (Comfort, 2004). Une situation de désastre est perçue comme une construction sociale (Quarantelli, 1998).

Les conséquences des désastres sont sensiblement les mêmes que celles définies lors d'une crise organisationnelle. Seul le point de vue varie entre ces deux conceptions. Dans le premier, les études portent sur les conséquences sociales au sein des communautés, dans le second, les recherches sur les crises organisationnelles se focalisent sur les causes et les conséquences au sein des organisations privées. Dans les deux cas, la liaison avec le risque majeur est présente. A ce titre, les désastres et les catastrophes peuvent être assimilés à des crises. Pour cette étude, les désastres et les catastrophes seront nommés « crise de catastrophes » par opposition aux « crises organisationnelles ».

2.1.4. Des essais de typologies des crises

Diverses typologies de crises existent. Les situations sont classées selon leurs origines, leurs causes ou leurs traits communs. Etablir une typologie permet de rassurer le décideur sur la nature de la situation à laquelle il est confronté.

Mitroff et Pauchant (1988), après avoir étudié près de 1 000 entreprises mondiales, ont créé un modèle de repérage des crises basé sur deux critères que sont : l'origine de la source de danger (interne ou externe à une organisation) et les facteurs primaires (causes techniques/économiques versus humaines/ sociales/organisationnelles).

De cela découle cinq grandes familles de crises pouvant toucher les organisations : crises économiques, crises informationnelles, crises technologiques, crises environnementales, crises psychologiques et culturelles (Pauchant, 1995).

Kovoor-Misra (1995) définit six types de crises déclenchées par des défaillances présentes dans les dimensions de l'organisation – crises techniques, crises humaines, crises politiques, crises juridiques, crises éthiques, crises économiques – et les catastrophes naturelles à l'origine de situation de crise pour l'organisation qu'elle ne peut contrôler.

Des typologies selon les caractéristiques des crises sont mises en place également.

Gundel (2005) s'interroge sur le pourquoi et le comment classer les crises. Selon lui, « si l'on veut connaître comment se développent les différentes crises, quels sont les problèmes qui apparaissent et plus important, comment elles peuvent être appréhendées, une classification qui identifierait les traits communs des crises pourrait être utile. » Ainsi, il préconise de classer les situations selon deux critères : la prédictibilité de la crise et les possibilités d'influence de la part de l'organisation avant et pendant la situation de crise. Selon ces critères, quatre types de crises sont définis :

- *les crises conventionnelles* : ces situations sont prédictibles et le degré d'influence de la part de l'organisation sur la crise est élevé. Les organisations disposent d'une certaine connaissance (probabilité d'occurrence, analyse de risque) de ce type de crise ;
- *les crises inattendues* : ce type de crise est perçu comme rare, non prédictible et l'organisation dispose de peu d'influence sur la crise (manque de préparation, de planification) ;
- *les crises insurmontables* : ces crises peuvent être anticipées mais du fait d'un défaut de préparation, de conflit interne aux organisations, les possibilités d'influence sont faibles ;
- *les crises fondamentales* : elles représentent le type le plus dangereux pour les organisations. Elles sont non prévisibles et non contrôlables du fait d'une absence de connaissance sur la réponse à apporter. Elles sont surprenantes mais rares. Les attentats du World Trade Center sont pris en exemple pour illustrer cette configuration.

Hwang (2000) définit deux types de crises : les crises abruptes et les crises cumulatives. Les premières seraient dues à un événement déclencheur externe ou interne aux organisations. Les secondes résultent d'une métamorphose ou d'une stagnation de l'organisation. Les causes et les caractéristiques de crises organisationnelles abruptes et cumulatives sont synthétisées dans le tableau 2.

Tableau 2 : *Caractéristiques des crises organisationnelles abruptes ou cumulatives (Hwang, 2000)*

	Crise abrupte	Crise cumulative
Causes	<i>Evènement déclencheur (1) interne ou (2) externe</i>	<i>(1) Métamorphose de l'organisation ; (2) Stagnation de l'organisation</i>
1. Vitesse de création	Rapide	Graduelle
2. Prédictibilité	Faible	Elevée
3. Spécificité	Focus	Nébuleuse
4. Identification de la crise	Claire	Floue
5. Point déclencheur	Evènements spécifiques	Approche de type seuil
6. Probabilité d'occurrence	Probabilité constante	Probabilité croissante
7. Déviation par rapport à l'environnement	Quelques aspects	Plusieurs aspects

Les crises sont également évaluées puis classées en cinq niveaux (Burnett, 1998) selon l'intensité (faible ou élevée) de quatre symptômes des crises que sont :

- la pression temporelle ;
- le degré de contrôle de la part de l'organisation sur la situation ;
- le niveau de menace pour l'organisation ;
- l'option de réponse s'offrant aux organisations.

Une dichotomie entre les crises d'origine naturelle et les crises d'origine anthropique (technologiques, intentionnelles, terroristes, sanitaires) est utilisée. Or, au-delà de la nature de l'évènement déclencheur, l'ampleur des conséquences est également un critère pour qualifier un évènement de crise de catastrophe ou non (Denis, 2002).

Sur la base des apports des différents auteurs (Gundel, 2005 ; Hwang, 2000, Pauchant, 1995 ; Burnett, 1998), l'identification d'une crise peut être faite selon la figure 5. La reconnaissance d'une crise s'appuie sur dix critères (origine de l'évènement déclencheur, prédictibilité, influence de la part de l'organisation, spécificité, identification, probabilité d'occurrence, déviation par rapport à l'environnement, pression temporelle, niveau de menace et niveau de connaissance). Selon leur degré (fort ou faible), quatre types de crises se distinguent (crises conventionnelles, inattendues, insurmontables et fondamentales).

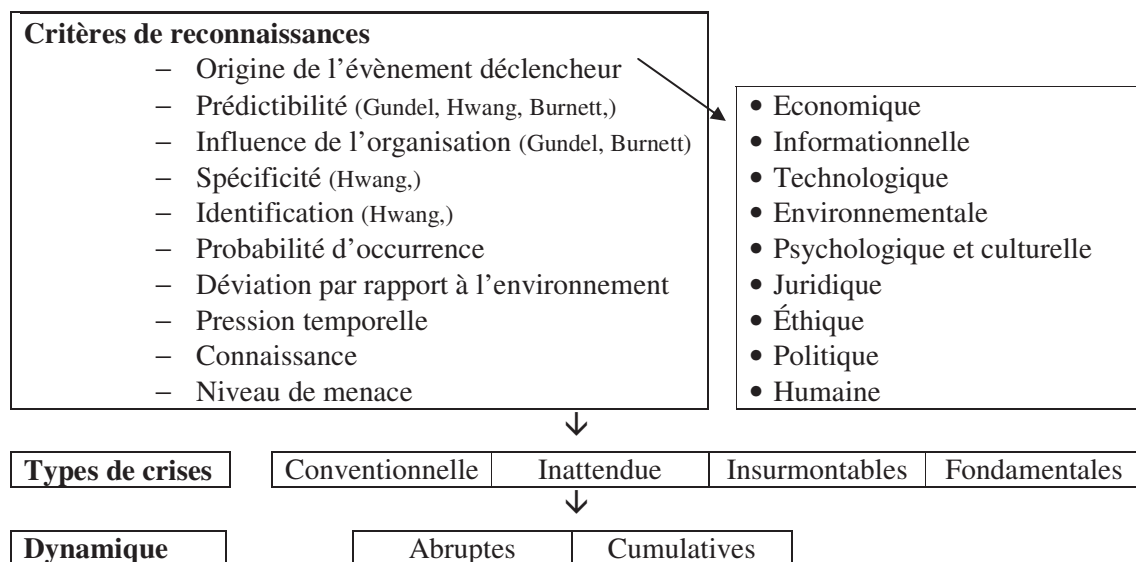


Figure 5 : Cheminement simplifié de reconnaissance des crises

2.1.5. Synthèse

Cette première partie, au travers un état de l'art, synthétise les caractéristiques des situations de crises organisationnelles et de catastrophe.

Les crises résultent donc de l'occurrence d'un évènement soudain (Shrivastava, 1995) de faible probabilité d'occurrence (Mitroff, 1988; Hale, 1997), appelé évènement déclencheur. Les causes primaires de l'évènement déclencheur sont soit d'origine naturelle soit provoquées par des défaillances techniques se combinant à des défaillances internes aux organisations (Shrivastava, 1994 ; Kovoormisra, 2000).

Les conséquences d'une crise sont multiples et variées : les hommes, l'environnement, l'économie, le secteur social, les infrastructures vitales.

Au-delà des conséquences physiques, une crise affecte les capacités de réaction des organisations en termes de ressources disponibles, exécution des décisions ou implémentation des réponses (Pearson, 1997).

Sur le plan humain, une situation de crise, souvent apparentée à un épisode chaotique, provoque des craintes et des confusions (Sayegh, 2004), du stress (Kowalski-Trakofler, 2003 ; Seeger, 2002) et plus largement affecte les processus de décision et biaise le jugement des acteurs (Weisaeth, 2002).

Les symptômes d'une crise sont la présence de nombreuses incertitudes (Billings, 1980 ; Charles, 2000), l'ambiguïté des causes et des conséquences (Sayegh, 2004), une pression imposant une réponse rapide de la part des décideurs (Billing, 1980), des solutions inventives (Lossemore, 1998), et un temps d'action limité. Cette situation crée un environnement unique, menaçant (Hale, 1997), et turbulent. De plus, qualifier une situation de crise relève de la perception qu'en ont les acteurs ou les organisations (Billings, 1980 ; Roux Dufort, 2003 ; Lagadec, 1991, Mc Connell, 2006).

Une crise est également une situation de paradoxe puisque qu'elle peut être également perçue comme une opportunité d'amélioration, de développement des systèmes sociaux et techniques (Lalonde, 2003. Mitroff, 1988 ; Pauchant, 1995). Les décisions prises auront à la fois des effets négatifs mais également positifs sur la gestion de la crise et de manière plus globale sur la société.

Le tableau 3 synthétise les différentes notions et caractéristiques utiles à la compréhension des crises :

Tableau 3: Synthèse des caractéristiques des crises

Caractéristiques	Description
<i>Causes primaires</i>	<ul style="list-style-type: none"> – évènement déclencheur (Faulkner, 2001) ; – désastres, catastrophes naturelles ou anthropiques (Quarantelli, 1990)
	<ul style="list-style-type: none"> – défaillances organisationnelles, techniques (Shrivastava, 1988 Kooor-Misra, 1995 ; Mitroff, 1988 ; Pauchant, 1995)
<i>Environnement de crise</i>	<ul style="list-style-type: none"> – unique, turbulent et menaçant (Hale, 1997) ; – fluide, instable, dynamique voir chaotique (Faulkner, 2001) ; – évolution rapide
<i>Conséquences sur les enjeux</i>	<ul style="list-style-type: none"> – conséquences sur les hommes, l'environnement, l'économie, le secteur social, les infrastructures essentielles ; – conséquences graves, enjeux considérables.
<i>Conséquences sur les organisations gestionnaires</i>	<ul style="list-style-type: none"> – blocage à l'action, manque de consensus (Denis, 1993) – perturbation à plus ou moins long terme, dysfonctionnements, inadaptation du cadre d'action, Dispositifs d'urgence pris à contre pied, incertitudes extrêmes, nombre importants d'institutions (Lagadec, 1991) – triple choc : déferlement, dérèglement, rupture (Lagadec, 1991) capacité de réactions des organisations affectée en termes de ressources disponibles, prise et exécution des décisions, implémentation des réponses (Pearson, 1997) ; – temps d'action limité (Lossemore, 1998)
<i>Répercussion sur le plan individuel</i>	<ul style="list-style-type: none"> – stress (Kowalski-Trakofler, 2003 ; Seeger, 2002), confusion et craintes (Sayegh, 2004), jugements biaisés (Weisaeth, 2002)
<i>Symptômes</i>	<ul style="list-style-type: none"> – incertitudes (Billings, 1980 ; Charles, 2000) ; – ambiguïtés des causes et des conséquences (Sayegh, 2004) ; – pression temporelle (Lossemore, 1998) synonyme d'urgence ; – surprise (Hermann, 1963 ; Robert, 2003) ; – rupture brutale, situation surprenante (Roux Dufort, 2005).

Au vu des définitions et des caractéristiques des crises, plusieurs interrogations émergent.

- (1) Comment naissent, se développent et meurent les crises ?
- (2) Pourquoi les organisations génèrent-elles des crises ?
- (3) Quelles configurations adoptent-elles pour répondre à la crise ?
- (4) Quelles sont les répercussions au niveau individuel de la crise ?

Ces questions permettent de poser les jalons des parties suivantes.

2.2. Comment naissent, se développent et meurent les crises ?

La partie précédente a mis en exergue une double origine des crises. Cette partie a pour objectifs dans un premier temps, de comprendre la dynamique des crises, puis, de comprendre pourquoi les organisations privées et publiques génèrent des situations de crise. Au vu des caractéristiques des crises citées précédemment, la crise est une situation dynamique, déclenchée soit par un événement soudain et surprenant qui provoque un état de crise pour les communautés ou les organisations, soit à la suite d'une accumulation de défaillances organisationnelles et/ou techniques qui sont mises en éveil par un événement déclencheur. Les situations de crises sont donc étudiées soit comme un événement inattendu, soit comme un long processus de maturation (Forgues, 1998 ; Boin, 2004 ; Roux-Dufort, 2005). Ces deux conceptions de la crise peuvent être mises en rapport avec deux approches des crises : l'approche de type événement ou l'approche de type processus.

2.2.1. Une vision de la crise selon une approche de type événement

Selon cette approche, l'état de crise résulterait d'un événement déclencheur unique ou multiple, imprévisible, contingent et de faible probabilité d'occurrence (Shrivastava, 1995 ; Hale, 1997). Ce phénomène impacte de manière brutale, destructive, sans avoir été prévu, les communautés et des intervenants et provoque un état de choc, de surprise (Lagadec, 1991 ; Choularton, 2001). De nombreuses difficultés apparaissent lors de la phase de réponse : spatialité et gravité des dommages, impacts des structures sociales, blocage de l'action des intervenants (Denis, 1993). La crise s'amorce par la matérialisation d'un risque majeur non prévu et non planifié par les organisations (Davies, 2005). Les trois entités d'étude du phénomène de crise sont donc l'événement déclencheur, les conséquences et les organisations de réponse. Pourquoi du point de vue de l'événement déclencheur, la situation est elle apparentée à une crise ?

2.2.1.1. L'événement déclencheur et l'environnement de crise

L'approche de type événement confond événement déclencheur et crise. L'événement déclencheur est qualifié d'inattendu, de soudain, de surprenant et résulte de la matérialisation d'un risque naturel ou anthropique, externe aux organisations. La nature, la dynamique de la crise événementielle, la gravité et l'ampleur des dommages, sont conditionnées par les facteurs de contingence de l'événement déclencheur (Denis, 2002) tels que :

- la localisation de la source de danger ;
- le moment de survenue de l'événement. L'heure d'occurrence de l'événement déclencheur a également son importance sur la gravité de la crise ;

- la cinétique influence le délai d'anticipation de l'aléa et la réponse des organisations ;
- la gravité (matières dangereuses relâchées, intensité des phénomènes météorologiques) ;
- la présence d'effet domino dans le cas d'événements industriels ou terroristes. Les effets domino se définissent comme une cascade d'événements dont les conséquences du premier sont augmentées par le suivant, spatialement et temporellement, conduisant à un phénomène majeur (Delvosalle, 1996) ;
- la simultanéité d'événements similaires ou non c'est-à-dire l'occurrence successive d'événements déclencheurs, sur un terrain devenu vulnérable par le précédent ;
- les conditions météorologiques. Elles peuvent aggraver le potentiel danger et entraver le déploiement des moyens de secours.

Au-delà des caractéristiques contingentes à l'événement déclencheur et à l'environnement, la vision événementielle se focalise, *a posteriori*, sur les conséquences au sein des communautés.

2.2.1.2. Les conséquences de la crise sur les populations.

La gravité et l'ampleur des conséquences engendrées par une crise dépendent également du niveau de vulnérabilité d'un territoire et des enjeux. La vulnérabilité est une notion polysémique qui « exprime à la fois *le degré de perte* d'un élément ou d'un groupe d'éléments à risque résultant de la probabilité d'occurrence d'un événement désastreux, exprimée sur une échelle allant de 0 à 1 et également à la *prédisposition* ou à la susceptibilité que possède un élément à subir des dommages. » (Cardona, 1993).

L'évaluation de la vulnérabilité s'appuie sur les approches semi quantitatives (Dautun, 2003). Ces méthodes quantifient d'une part, le niveau d'endommagement potentiel des enjeux, et, d'autre part qualifie la vulnérabilité des enjeux et les capacités de réponse des populations exposées à un risque, sur un territoire donné. Les réactions des communautés sont variables dans l'espace et dans le temps et dépendent de quatre facteurs de vulnérabilité que sont (Thouret, 1996 ; Mc Entire, 2003) :

- les facteurs socio démographiques et économiques ;
- les facteurs fonctionnels et techniques ;
- les facteurs institutionnels ;
- les facteurs politico administratifs.

A ceci, s'ajoute le niveau d'acceptabilité et l'impact psychologique qui modulent les comportements et les réactions (D'Ercole, 1998, Léone, 1996). Certains comportements

irrationnels peuvent apparaître généralement dans les pays où la culture du risque est peu développée.

En outre, l'ampleur et la gravité des conséquences sont conditionnées par les facteurs dits géographiques des phénomènes naturels (paramètres spatio-temporels de l'évènement tels que la localisation, l'ampleur spatiale du phénomène ...) et l'émergence de facteurs conjoncturels externes ou internes liés par exemple aux dysfonctionnements des réseaux vitaux ou des institutions (Thouret, 1996).

2.2.1.3. Synthèse des éléments importants pour comprendre les crises de type évènement

Cette approche tend à confondre évènement déclencheur et crise. La crise serait donc conçue comme le paroxysme d'une catastrophe. L'ampleur et la gravité de la crise sont définies en fonction de trois paramètres qui sont les facteurs de contingences de l'évènement déclencheur, le niveau de vulnérabilité d'un territoire et les capacités de réponse des organisations. Le tableau 4 synthétise ces facteurs. Cette vision de la crise s'apparente aux recherches sur les situations d'urgence et de catastrophe et peut être reliée d'une part au courant de « l'emergency management » et d'autre part au courant de la contingence organisationnelle. En s'appuyant sur la typologie de Hwang (2000), les crises évènementielles sont de nature abrupte.

Tableau 4 : Les facteurs de vulnérabilité et de contingence influençant la nature des crises

Facteurs de vulnérabilité		
Amont	Facteurs socio démographiques et économiques (Thouret, 1996)	<ul style="list-style-type: none"> – l'expérience antérieure face aux crises ; – la nature du tissu social ; – le type de société ; – le type d'intégration des populations ; – l'information préventive et la culture du risque ;
	Facteurs fonctionnels et techniques	<ul style="list-style-type: none"> – localisation des infrastructures en zone à risques (Mc Entire, 2003) ; – construction inadéquates des bâtiments (Mc Entire, 2003) ;
	Facteurs institutionnels, organisationnels	<ul style="list-style-type: none"> – l'expérience antérieure face aux crises ; – le degré de complexité du réseau organisationnel ; – le type d'infrastructure dédié à la gestion des crises ; – le niveau de préparation ; – l'incapacité à utiliser efficacement des équipements d'alerte et de communication (Mc Entire).
	Facteurs politico administratifs	<ul style="list-style-type: none"> – Absence ou apathie envers des politiques de prévention et de préparation (Mc Entire, 2003).
Facteurs de contingence		
Pendant	Facteur géographique, événementiel	<ul style="list-style-type: none"> – le lieu de la crise – la localisation de la source de danger ; – le moment de survenue de l'évènement ; – la cinétique ; – la gravité ; – la présence d'effet domino dans le cas d'évènements industriels ou terroristes ; – la simultanéité d'évènements similaires ou non ; – les conditions météorologiques.
	Facteurs structurels	<ul style="list-style-type: none"> – dysfonctionnements des infrastructures essentielles.

Une deuxième conception construit la crise comme la résultante d'un processus de maturation au sein des organisations.

2.2.2. La vision processus de crise

Turner (1979) était un des premiers à supposer que les désastres et les crises pouvaient résulter de l'action ou de l'inaction des organisations. Selon lui, ces situations étaient provoquées à la fois par *une décharge d'énergie dans le milieu* –intensité physique du phénomène et gravité des conséquences – et *un traitement inadéquat des informations par les*

organisations. Les organisations disposent d'une quantité importante d'informations qu'elles omettent d'interpréter ou qu'elles ne peuvent interpréter faute de connaissance suffisante.

Une concentration d'énergie présente dans les systèmes techniques ainsi que les pouvoirs organisationnels et les populations sont les pré-conditions aux désastres (Turner, 1979 ; Blockley, 1998).

En se basant sur plusieurs cas de crises passées, les crises sont définies selon 7 étapes successives comme l'expose le tableau 5 (Turner, 1978 ; Pauchant, 1995 ; Pearson, 1997 ; Gatot, 2000 ; Faulkner, 2001)

Tableau 5 : La séquence des évènements concourant à créer une crise

Etapes	Descriptions
Etape I	Phase de fonctionnement normal (Turner, 1978) <i>Correspond à la phase dite de routine ou de fonctionnement normal. Des efforts de prévention, de planification et de réduction sont mis en place</i>
Etape II	Période d'incubation (Turner, 1978), de prodrome (Gatot, 2000) de signes avant-coureurs (Pearson, 1997 ; Pauchant, 1995) <i>Accumulation d'évènements non pris en compte par l'organisation</i>
Etape III	L'évènement précipitant ou évènement déclencheur (Turner, 1978 ; Gatot, 2000) <i>L'évènement déclencheur met en éveil les dysfonctionnements de la phase précédente</i>
Etape IV	Début de la crise (Turner, 1978), phase de catastrophe (Gatot, 2000) ou phase aiguë <i>Les premières conséquences apparaissent</i>
Etape V	Secours et sauvetage : premières étapes d'ajustements (Faulkner, 2001) <i>Une organisation de crise se met en place pour répondre à la situation</i>
Etape VI	Le retour à une situation normale <i>La crise est terminée, Conduite d'un retour d'expérience afin de mettre en exergue les enchaînements de la crise et les écueils à éviter</i>
Etape VII	Réajustements managériaux et culturels <i>Intégration des recommandations édictées par les retours d'expérience pour améliorer la prévention et la planification des crises</i>

Afin de capter l'essence des crises de type processus, chacune des étapes du processus est détaillée.

2.2.2.1. La phase de fonctionnement dite normale (Etape 1)

Pendant cette phase, les organisations, qu'elles soient privées ou publiques, sont en mode de fonctionnement normal, la gestion des risques et des crises ne correspondant pas à leurs missions premières ; hormis pour les services d'urgence. Cette période est mise à profit pour capitaliser et apprendre des évènements. Une crise engendre deux types de transformations profondes au sein des organisations (Gatot, 2000) :

- des transformations profondes liées aux conséquences dues à une crise passée dans le but de réduire les vulnérabilités des sociétés et éviter d'autres conséquences dramatiques

dans le futur. Les acteurs mettent en place des nouveaux moyens de prévention et de planification. Ceci passe, par exemple, par la construction de barrières techniques pour réduire l'aléa et diminuer la vulnérabilité des enjeux, la définition de systèmes d'alerte des populations, un changement de législation ou bien encore par des projets de recherche permettant d'étoffer la connaissance scientifique sur un phénomène dangereux.

- des transformations induites par l'apprentissage organisationnel et civique. La crise est également une opportunité, pour les organisations, d'apprendre de leurs erreurs et de leurs bonnes pratiques. De plus, l'information préventive des populations construit les bases d'une culture des crises.

Cette étape correspond aux deux premières étapes de gestion des risques (prévention et planification)

2.2.2.2. La phase des signaux avertisseurs ou période d'incubation (Etape 2)

La phase d'incubation correspond à une période d'accumulation d'imperfections ou d'anomalies, de défaillances techniques ou organisationnelles pendant la phase de fonctionnement normal ou de routine d'une organisation, ce qui à terme peut conduire à une crise (Shrivastava, 1995 ; Roux-Dufort, 2005). Durant cette phase initiale, un terrain propice aux crises se développe. Cette période peut être de durée plus ou moins longue. La période d'incubation de l'accident de la navette Challenger a duré quatre ans (Vaughan, 2002) durant laquelle des anomalies se sont accumulées. Selon Roux Dufort (2005), ces imperfections s'amplifient en facteurs de vulnérabilité des organisations. Ces paramètres, lorsqu'ils sont détectés et analysés précocement, deviennent une source d'information capitale pour anticiper sur l'occurrence d'un aléa ou sur l'apparition des défaillances organisationnelles. Plusieurs qualificatifs sont utilisés pour nommer ces informations : signaux avertisseurs (Mitroff, 1988), signes avant coureurs, prodromes (Gatot, 2000) ou signaux de danger potentiel (Vaughan, 2002).

Les signaux avertisseurs sont des informations de natures variées, vagues, qui se développent et se précisent dans le temps. Ils augmentent progressivement en intensité, au fur et à mesure que les signes de l'environnement deviennent plus précis. En management stratégique, Ansoff (1975), a introduit la notion de signaux faibles afin de qualifier des informations anticipatives, mais vagues, qu'il faut déceler afin de prévoir un évènement et ainsi éviter les surprises.

La caractérisation des signaux se fait à l'aide d'un rapport entre la quantité d'information (connaissance) et le temps (Lesca, 2002) (Cf. Figure 6). Pour avoir une marge de manœuvre suffisante, les organisations doivent déceler précocement ces signaux. Or, lorsque la quantité d'information est faible, l'anticipation sur l'évènement déclencheur semble difficile. Mais, plus l'occurrence de l'évènement est proche, plus la quantité d'information devient abondante. Les signaux deviennent forts et les temps d'anticipation et d'action sont considérablement réduits diminuant ainsi la marge de manœuvre.

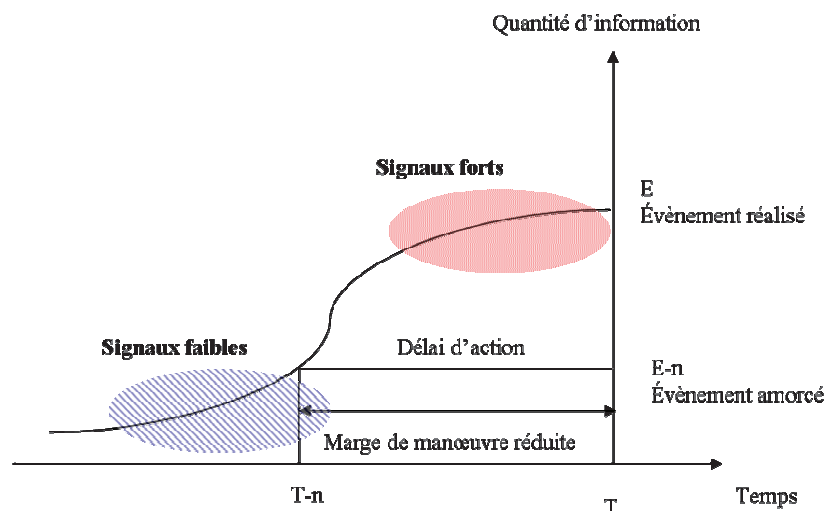


Figure 6 : *Le modèle des signaux faibles (Adapté de Ansoff, 1975 in Lesca, 2002)*

Les signaux avertisseurs revêtent huit caractéristiques (Lesca, 2002) : ce sont des informations externes aux organisations ; elles sont qualitatives, fragmentaires et parcellaires, incomplètes, aléatoires, équivoques et ambiguës, incertaines et anticipatives. La détection et la prise en compte des signaux avertisseurs par les organisations se révèlent être une stratégie « importante ».

Dans le domaine de la gestion des crises de Sécurité Civile, anticiper une situation potentiellement crisogène, pour reprendre le qualificatif de Morin (1976), permet d'alerter les populations et d'adapter les moyens de réponse aux besoins potentiels (pré-positionnement des secours dans le cas d'évènements à cinétique lente ou d'ampleur spatiale importante).

2.2.2.3. La matérialisation du risque et le début de la crise (Etape 3 et 4)

L'évènement déclencheur intervient sur un terrain fertile aux crises. Le potentiel danger (caractéristique de l'évènement) se combine aux vulnérabilités organisationnelles accumulées pendant la phase d'incubation et met en éveil des défaillances organisationnelles ou techniques (Roux-Dufort, 2007). Le déplacement du terrain de l'accident vers le terrain de la crise s'opère sous l'action de facteurs aggravants (Gatot, 2000) ou de difficultés (Wybo, 2006) qui amplifient la situation initiale et complexifient la gestion et la résolution de la situation. Les conséquences sont plus marquées, des problèmes de prise de décision et de résolution apparaissent. La crise débute lorsque les organisations perdent la maîtrise de l'évènement déclencheur et des conséquences.

2.2.2.4. La phase de réponse (Etape 5)

Afin de contenir l'évènement déclencheur et limiter les dommages, une organisation regroupant une multitude d'acteurs se déploie (Cf. Chapitre 1, Section 2).

2.2.2.5. Le retour à une situation normale et les réajustements managériaux (Etape 6 et 7)

Après un état de choc (Lagadec, 1991), les organisations voient se profiler la fin de la crise. Cependant, la vigilance des décideurs pendant cette phase de transition doit être maintenue afin d'éviter l'apparition de nouveaux problèmes. Cette phase dite de retour à la normale peut également s'inscrire dans la durée car elle intègre la reconstruction, la réhabilitation de différents enjeux. Cette étape est également propice aux réajustements managériaux et à l'apprentissage organisationnel à la suite d'un retour d'expérience. Elle correspond à la phase 4 de la boucle de gestion des risques (Cf. section 1.1.3).

2.2.3. Synthèse

La vision événementielle définit la crise comme un évènement unique sans « vie » antérieure. Crise et évènement déclencheur sont confondus. *A contrario*, la vision type processus inscrit la crise dans une dynamique temporelle plus vaste. Selon cette conception, la crise est le résultat d'une longue période d'incubation mise en éveil sous l'action d'un évènement déclencheur. Les racines des crises trouvent leurs origines en amont de l'évènement déclencheur, au sein des organisations.

Crise et évènement déclencheur sont deux situations distinctes inter-reliées. La figure 7 représente les deux approches selon une dynamique temporelle.

Au-delà du caractère dynamique, les deux approches qualifient également la situation en fonction de la gravité, du caractère surprenant de l'évènement déclencheur et du choc qu'elle provoque dans nos sociétés. Ces deux conceptions, sans être opposées, sont complémentaires, l'une se focalisant sur les événements générateurs de crise, l'autre cherchant les failles organisationnelles qui créent un terrain fertile aux développements des crises. Ainsi, concevoir la crise comme un évènement ou un long processus de maturation renvoie à des approches d'études de causes différentes.

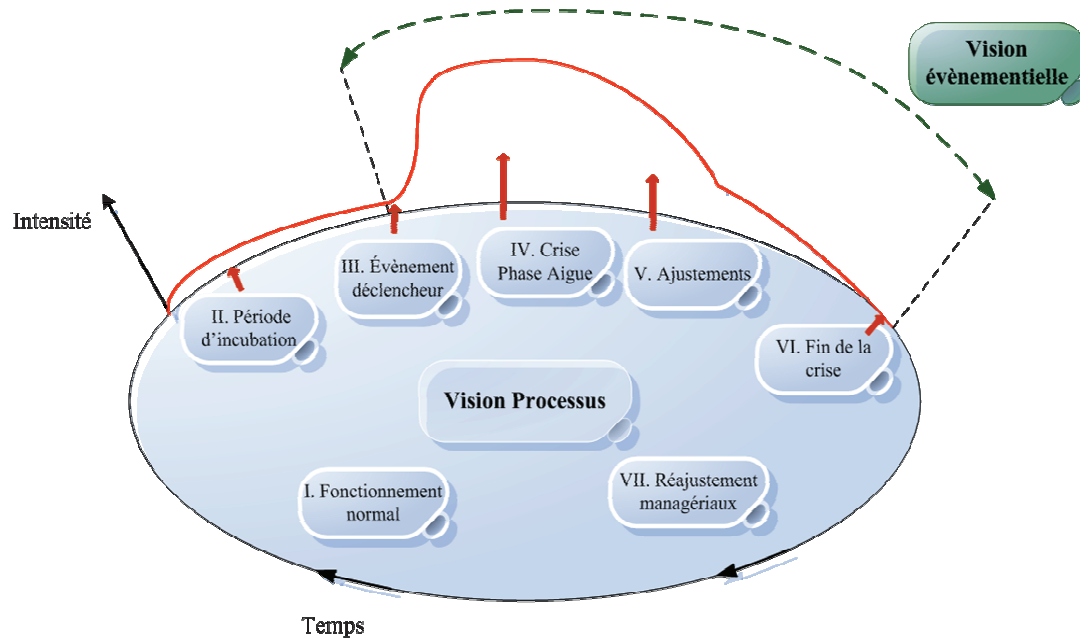


Figure 7 : Les deux approches de la crise : évènement et processus

Mais une double question émerge. Les organisations joueraient-elles un double rôle comme le montre la vision processus ? Seraient-elles donc à la fois sources de crises et victimes des crises ?

2.3. L'organisation à l'origine des crises

La crise est donc un processus dynamique initié après une longue période d'incubation ou d'accumulation d'incidents, s'amplifiant dans le temps (Weick, 1990) et qui, lors de l'occurrence d'un événement déclencheur éclate et se modifie sous l'action de facteurs aggravants. Cette dynamique crée ainsi une situation complexe.

Pourquoi et comment s'accumulent ces incidents au sein des organisations ? Quelles sont les méthodes utilisées pour gérer les causes organisationnelles ? Comment ces défaillances croient-elles en facteurs de vulnérabilité et créent-elles un terrain favorable aux crises ?

Certaines causes doivent être recherchées au niveau de la complexité des organisations.

2.3.1. La complexité des organisations

La notion de complexité est associée aux crises. Pour appréhender cette complexité, certains auteurs (Deschamps, 1996 ; Pauchant, 1995) prennent appui sur les approches systémiques dans le but de rechercher les causes premières des crises au sein des systèmes socio-techniques et dans les dimensions de l'organisation et, développer, à terme, un management systémique des crises.

2.3.1.1. La complexité des systèmes socio techniques

En 1979, aux Etats Unis, un accident non prévu s'est produit au sein de l'installation nucléaire de Three Miles Island. Cet événement a donné lieu à une analyse organisationnelle menée par le sociologue C. Perrow (1984), afin de compléter les analyses techniques. L'analyse de cette catastrophe a donc été faite selon une double approche : sous l'angle technique et sous l'angle organisationnel permettant ainsi de considérer ces phénomènes dramatiques dans leur globalité. Etudier les causes des crises industrielles selon une approche systémique relève donc d'une double logique (Pauchant, 1990) : une logique technique et une logique organisationnelle. Cet événement a conduit C Perrow (1984) à formuler la théorie des accidents normaux. Selon l'auteur, les accidents majeurs survenant au sein des grands systèmes industriels complexes sont dits normaux car ils sont intrinsèques aux systèmes. Les systèmes sociotechniques sont caractérisés par la complexité du système en lui-même et un couplage serré entre les variables de ce dernier. Les défaillances inhérentes aux organisations à haut risque seraient inévitables car elles résulteraient d'une forte complexité des interactions de ces dernières et d'un couplage étroit entre leurs activités et les composantes du système rendant difficile l'anticipation des dysfonctionnements. Un changement de variable interne est à l'origine d'un changement de variable ailleurs dans le système, ce qui provoque inévitablement des accidents majeurs. Ainsi, une ou plusieurs variables d'un système peuvent

déclencher des interactions négatives qui s'amplifient et à terme provoquent une situation de crise.

Les principales causes à l'origine de ruptures dans les systèmes techniques complexes seraient dues (Shrivastava, 1994 ; Manion, 2002) :

- au facteur humain : manque de communication entre les acteurs, négligence... ;
- au design technique du système : conception des process, équipements... ;
- au système organisationnel : non report des incidents, rigidité organisationnelle, compartimentation des tâches, procédures... ;
- aux facteurs socio culturel : négligence managériale, opérateurs de l'environnement et fournisseurs...

Pour Pauchant et Mitroff (1990), la crise est « un phénomène s'auto alimentant à partir de cercles vicieux (effets négatifs d'une action) inhérents à la complexité des systèmes techniques et sociaux ou bien introduits par l'action de l'homme. ». La crise serait donc déclenchée par une succession d'incidents, dont les effets négatifs, du fait de leurs interactions, amplifieraient le système. Selon une vision dialectique de l'organisation, la crise (phase aiguë) représente la partie immergée de l'iceberg, c'est-à-dire la zone de production (activités positives), la partie immergée, non visible de l'iceberg, équivaldrait à la zone de contre-production des organisations (activités négatives), cette dernière produisant des défaillances organisationnelles à l'origine des crises (Pauchant, 1996).

Une représentation intéressante de la complexité des systèmes est apportée par le modèle dit en « couche d'oignon » développé par Pauchant et Mitroff (1995). Quatre niveaux imbriqués sont définis :

- le niveau 1, représente l'individu et les mécanismes de défense dont il dispose ;
- le niveau 2, correspond à la culture organisationnelle ;
- le niveau 3, inclut la structure organisationnelle et plus précisément les infrastructures développées par les organisations pour la gestion des crises. Selon les auteurs, la structure d'une organisation influence l'émergence de crise ;
- le niveau 4, englobe les trois autres, représente les stratégies organisationnelles développées, c'est-à-dire les plans, les procédures, les normes définies par l'organisation.

Ce modèle permet d'évaluer et de déterminer les défaillances ayant conduit à une crise. Les auteurs apportent également des modes d'interventions pouvant être mis en place selon les quatre niveaux.

Concevoir la crise selon une approche systémique revient à postuler que ces situations seraient induites par des défaillances techniques qui se combineraient à des défaillances organisationnelles, humaines ou socio - culturelles, ces dernières créant un système vulnérable aux défaillances techniques.

En effet, les premières défaillances conduiraient à un évènement redouté au sein d'un système technique, comme par exemple une rupture de vanne ou de tuyauterie conduisant à un accident industriel. Cet évènement redouté se combinerait aux vulnérabilités internes au système organisationnel, engendrant une incapacité de gestion de l'évènement qui n'est encore qu'au stade de l'accident. Les défaillances couplées à l'évènement déclencheur rentrent en résonance et créent une crise.

2.3.1.2. La multidimensionnalité des organisations

La complexité de la crise proviendrait également de la multidimensionnalité des organisations.

Selon Kovoov-Misra (1995, 2000), les crises sont provoquées par des facteurs présents dans six dimensions *techniques, politiques, économiques, humaines et sociales, légales et éthiques* qui composent les organisations, et qui engendrent des conséquences dans ces dernières. Les organisations techniques sont donc vulnérables vis-à-vis des crises du fait de la complexité des interactions entre les diverses dimensions. La compréhension de la complexité d'un système organisationnel passe par une compréhension de chacune. Ainsi, le contexte, le bagage éducationnel, les moyens techniques et l'expérience antérieure aux crises seraient autant de facteurs qui influenceraient la préparation aux crises (Kovoov Misra, 1995).

Par extension de la vision systémique de Perrow, Shrivastava (1993) intègre des défaillances externes aux systèmes techniques. En s'appuyant sur l'accident de l'usine Bhopal, il développe le modèle organisationnel dit « HOT-RIP » pour comprendre les causes des crises industrielles (Shrivastava, 1994). Selon lui, des défaillances internes à l'industrie d'ordres Humaines, Organisationnelles, Techniques se combinent à des défaillances externes à l'industrie comme la Régulation, les Infrastructures et la Préparation des communautés. Ces défaillances apparaissent au niveau des trois dimensions structurelles d'une organisation que sont (1) la sphère technique (équipements, matériels, ...), (2) la sphère organisationnelle et humaine et (3) l'environnement externe qui exerce des pressions et nécessite des réponses de la part de l'organisation. Ce modèle tient ainsi compte des dimensions externes de l'organisation (environnement du système)

La complexité des crises provient également de la présence multiple d'acteurs lors de la phase aiguë (Lagadec, 1991).

Ces derniers étant sous pression, des comportements particuliers émergent (Boutté, 2006) : attitudes irrationnelles, conflits de pouvoirs, peurs, tensions. Ces comportements individuels peuvent être à l'origine d'une crise.

L'approche systémique et l'approche multidimensionnelle sont complémentaires pour décrire les crises des organisations. La première étudie la complexité des systèmes et les interactions entre l'organisation et son environnement, alors que la seconde se focalise sur les dimensions internes de l'entreprise. Ces deux approches supposent que des facteurs internes aux organisations déclencheraient des situations de crise. L'homme devient créateur de crise.

2.3.2. Une déviance des actions collectives

La désintégration de la navette Challenger en 1986 quelques instants après son décollage a donné lieu à un rapport de la Commission Présidentielle afin d'expliquer les causes techniques de l'accident (Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident, 1986). La commission a découvert un nombre important de défaillances organisationnelles au sein de la NASA en proportion surprenante (Shrivastava, 1988). Diane Vaughan (2004), au travers des analyses des causes politiques, économiques et organisationnelles qui ont conduit au désastre, a conclu que l'accident résultait d'erreurs humaines et non d'erreurs de management. L'auteur parle de « normalisation de la déviance » pour expliquer les actions collectives des personnes vis-à-vis d'un risque. Selon l'auteur, les ingénieurs de la NASA, en dépit de signaux répétés, signaux qu'elle nomme signaux d'un danger potentiel (Vaughan, 2002) ont accepté de faire décoller la navette malgré le risque encouru.

Vaughan définit la déviance de la manière suivante :

« La culture d'une organisation façonne la manière dont les individus prennent des décisions en son sein. Mon analyse a montré que, pendant des années qui ont précédé l'accident, les ingénieurs et managers de la NASA ont progressivement instauré une situation qui les autorisait à considérer que tout allait bien, alors qu'ils disposaient d'éléments montrant au contraire que quelque chose allait mal. C'est ce que j'ai appelé une normalisation de la déviance : il s'agit d'un processus par lequel des individus sont amenés au sein d'une organisation à accomplir certaines choses qu'ils ne feraient pas dans un autre contexte. Mais leurs actions ne sont pas délibérément déviantes. Elles sont au contraire rendues normales et acceptables par la culture de l'organisation. »
(Traduit par Lecoze, 2003).

La théorie de la déviance permet d'expliquer pourquoi malgré des informations précises et abondantes, des organisations n'anticipent pas l'évènement et se retrouvent à devoir faire face à une crise. Qu'apporte la théorie de la déviance dans l'étude des situations de crise ?

Selon l'auteur (Vaughan, 1999) les mauvaises gestions résulteraient de violations des règles édictées, de pression de production, et de défaillances à produire des informations pertinentes. Ainsi, les désastres seraient également dus à ces trois facteurs qui influenceraient le processus de décision. Les erreurs seraient inévitables aux organisations et seraient créées par elles-mêmes. Les accidents seraient basés sur l'histoire, la culture, la complexité de la technologie, la structure de l'organisation, l'environnement politique de l'organisation. Un système technique organisationnel d'accident se crée (Vaughan, 1999).

2.3.3. Des facteurs organisationnels comme amplificateur de la crise

Tout évènement déclencheur ne génère pas une situation de crise. Selon Jacques (1997) et Gatot (2000), des lacunes organisationnelles, nommés facteurs aggravants, sont à l'origine de l'amplification d'un incident ou accident majeur en une situation de crise et non à l'origine de l'évènement déclencheur. Ces facteurs, indicateurs de vulnérabilité, entre autres, se situent à la fois au niveau individuel, inter-organisationnel et organisationnel (Jacques, 1997).

Un modèle des facteurs aggravants a été développé par Jacques (1994) puis repris par Gatot (2000) afin de développer un modèle de gestion préventive des crises.

Gatot (2000), à partir d'études de cas des conduites de gestion de crise (province de Namur), définit trente neuf facteurs aggravants relatifs à six actions stratégiques mises en place pour la prévention et la gestion des situations de crise de types technologiques (Cf. Tableau 6) Dans ce cas ci, les organisations sont de type public, elles ont un rôle civique dans la gestion des crises.

Tableau 6 : Les 39 facteurs aggravants de la gestion de crise en province de Namur (Gatot , 2000)

La planification d'urgence	La gestion de l'information
<ul style="list-style-type: none"> – la complexité des plans ; – une incertitude au niveau de l'application des plans ; – la multiplication et la non standardisation des plans ; – une surcharge de mission ; – les carences des exercices et des débriefings ; – une médecine de catastrophe trop théorique. 	<ul style="list-style-type: none"> – une information insuffisante aux arrivants ; – des problèmes de communication ; – une information insuffisante du site ; – une information initiale imprécise ; – des informations fausses ou contradictoires.
La gestion de la cellule de crise	La gestion de l'intervention externe
<ul style="list-style-type: none"> – ambiguïté des fonctions ; – difficulté de coordination entre les PC ; – une phase de désordre ; – un système d'alerte inadéquate ; – des échanges insuffisants entre disciplines ; – des lacunes du coordinateur délégué ; – l'absence de priorité entre les disciplines et les missions ; – un manque de coordination intra discipline ; – une gestion post crise lacunaire – un manque d'uniformisation du langage ; – des difficultés d'installation du PCO. 	<ul style="list-style-type: none"> – le délai de montée en puissance ; – des informations insuffisantes ; – un tourisme de catastrophe important ; – une concurrence entre les services publics et privés ; – l'absence d'un inventaire des moyens et des risques ; – les problèmes du volontariat ; – une connaissance insuffisance des installations et des risques ; – un manque de coordination avec les services non réguliers ; – l'absence d'une méthode commune.
La gestion des intervenants	La gestion de la communication
<ul style="list-style-type: none"> – la surprise, le stress, l'incertitude et la fatigue ; – le stress du sémadigit ; – des problèmes hiérarchiques ; – un capital relationnel peu entretenu ; – une concurrence entre intervenants ; – un manque de soutien des dirigeants. 	<ul style="list-style-type: none"> – une maîtrise insuffisante des relations avec les journalistes ; – une information préventive insuffisante.

La crise naîtrait donc, lors de la gestion des urgences du fait de la présence de facteurs aggravants qui amplifieraient une situation initiale en situation de crise.

2.3.4. L'effondrement du sens

Une quatrième cause de l'émergence des crises provient de l'effondrement du sens lors d'une crise. Cette approche, basée entre autre sur les travaux de Karl Weick, étudie les phénomènes de crise sous l'angle de la sociologie et de la psychologie, en tenant compte des comportements et des interactions entre individus qui précèdent un désastre (Koenig, 1996). En se basant sur l'accident des deux boeing 747 à Tenerife⁹ en 1977 (Weick, 1990) et sur l'incendie catastrophique de Mann Gulch¹⁰ en 1947 (Weick, 1993), Weick apporte un éclairage intéressant pour comprendre les différentes problématiques récurrentes lors d'un accident ou d'une crise.

Il assimile les crises à des épisodes cosmologiques¹¹ qu'il définit de la manière suivante : (Weick, 1993)

« Un épisode cosmologique se produit quand les gens ressentent soudainement et profondément que l'univers n'est plus un système rationnel et ordonné. Ce qui rend un épisode tellement dramatique, c'est que le sens de ce qui se passe s'effondre en même temps que les moyens de reconstruire ce sens. »

Selon l'auteur, les crises naissent d'un hiatus entre les représentations des acteurs et la réalité de la crise. Plus précisément, les crises résulteraient de dysfonctionnements tels que l'effondrement des dispositifs de coordination, l'incompréhension entre les acteurs et un effondrement du *sensemaking*.

Sensemaking signifie littéralement la fabrication de sens ou encore la construction du sens d'une situation (Weick, 1995).

L'effondrement du sens d'une situation provient semble-t-il d'un décalage entre l'image mentale créée avant d'arriver sur les lieux de l'accident et l'image de la réalité. Il y a ainsi une perte de la ressemblance avec des choses connues, vécues au préalable. La perte de référence de la part des acteurs conditionne le déroulement et les actions mises en place pour gérer la situation.

De plus, l'auteur souligne que les erreurs humaines sont fondamentalement causées par la variabilité humaine suggérant ainsi que les erreurs sont inévitables (Weick, 1988).

L'auteur s'inscrit dans la lignée de Mitroff et Shrivastava qui suggèrent d'adopter un comportement pro-actif afin de gérer les crises c'est-à-dire des stratégies de gestion basées selon un processus composée de plusieurs étapes comme l'évaluation et la planification en amont des crises, la phase de réponse et l'apprentissage organisationnel.

⁹ L'accident de Ténérife : Le 27 mars 1977, sur l'aéroport de Los Rodeos, dans les îles Canaries, deux boeing de la Pan American et de la KLM sont entrés en collision lors du décollage de ce dernier faisant 583 victimes.

¹⁰ L'accident de Mann Gluch :

¹¹ Terme emprunté par l'auteur à la philosophie pour mettre l'accent plus sur les impressions que sur la probabilité d'occurrence de l'évènement déclencheur

L'examen de ces différentes approches apporte un éclairage intéressant pour comprendre pourquoi les organisations peuvent être sources de crise, d'une part, et sources d'amplification d'une situation initiale en crise d'autre part (Mayer, 1997).

Toutes s'accordent à souligner le fait que les organisations et les individus sont à la fois générateurs d'incidents, qui s'accumulent de part la complexité des organisations, soit amplificateur, du fait de la présence de défaillances internes qui entravent les processus de gestion et l'adoption d'une réponse efficace.

De manière plus globale, les auteurs dégagent des normes et des pratiques afin d'ajouter de la cohérence et de l'efficacité à l'action des organisations. L'étude, *a posteriori* des causes, des conséquences et du processus de crise vise à comprendre pourquoi les organisations sont en crise et comment, au travers des phases de prévention, de planification et de prévision elles peuvent diminuer leurs vulnérabilités et augmenter leur résilience. Pour aller plus loin, la théorie des Organisations Hautement Fiabiles (OHF) postule que certaines organisations ayant un niveau de risque élevé (centrale nucléaire par exemple), assurent un tel niveau de sécurité et de fiabilité organisationnelle sur le long terme qu'elles ne peuvent être à l'origine de catastrophe (Roberts, 2004). Cette fiabilité et le faible nombre d'accident seraient dépendants d'une adaptation efficace de l'organisation à son environnement, de la mise en place de systèmes de redondance permettant d'éviter les erreurs, de l'acquisition d'une culture du risque et de la sécurité (identification des incidents) et d'un apprentissage organisationnel continu (Lecoze, 2005 ; Libuser, 1993). L'intégration du concept de fiabilité développé par les OHF pourraient permettrait de diminuer les vulnérabilités organisationnelles à l'origine de crise.

Il est maintenant nécessaire de s'intéresser à la gestion de la phase aiguë de la crise et plus particulièrement aux configurations organisationnelles, aux processus de décision et aux vécus individuels des acteurs.

2.4. Structuration des organisations

Le point de départ pour définir une organisation, est ce que les sociologues appellent « l'action organisée » c'est-à-dire la coopération de plusieurs individus qui veulent réaliser une action (Livian, 2000). Weick (1993) définit une organisation comme « *un ensemble de personnes qui cherchent à faire sens de ce qui se passe autour d'elle* ». Lors d'une crise, des individus avec des fonctionnements, des structurations et des juridictions variés vont interagir selon des intérêts communs (Weick, 1993) et ce, vers un but commun : limiter et gérer la crise. Les organisations qui sont projeté dans la crise ont des rôles en phase de fonctionnement normal ou de routines différents et devront se structurer en fonction de la situation. La théorie de la contingence, d'une part, et l'approche configurationnelle des organisations d'autre part, apportent des éléments de réponse pour comprendre comment les organisations se structurent lors de la crise.

2.4.1. L'apport de la théorie de la contingence

La compréhension de la réponse des organisations lors de désastre ou de crise, requiert une convergence des théories organisationnelles et des théories des comportements (Webb, 1999). Les réponses des organisations sont conditionnées à la fois par les antécédents aux crises. (Lalonde, 2003) mais également par des facteurs de contingence relatifs à l'évènement déclencheur et aux structures. Mintzberg définit cinq paramètres de contingence qui agissent sur la structure des organisations : l'âge, la taille, le système technique, l'environnement et les relations de pouvoir. Le tableau 7 synthétise les paramètres influençant le comportement des organisations.

Tableau 7 : Synthèse des paramètres influençant les comportements des organisations.

Les antécédents aux crises	Les comportements lors des crises
1. Les missions (activités de routine ou non) 2. Le contexte d'action : facteurs de vulnérabilité <ul style="list-style-type: none"> – l'expérience antérieure ; – la nature du tissu social ; – le type d'intégration des communautés ; – le degré de complexité du réseau organisationnel ; – le type d'infrastructures municipales. 	3. Développement de stratégies de coalition <ul style="list-style-type: none"> – lutte pour les ressources ; – comportement réactif – développement de structures spécifiques à la gestion de crise 4. La structure <ul style="list-style-type: none"> – l'âge ; – la taille ; – le système technique ; – l'environnement ; – les relations de pouvoirs.

En fonction de l'évènement et de la gravité des conséquences, les organisations vont se structurer, lors de la phase d'urgence pour répondre aux besoins.

Une des caractéristiques des situations de crise réside dans la présence d'un nombre important d'intervenants nécessaire pour faire face à la complexité de la situation. Les organisations qui interviendront diffèrent par leurs missions, leurs responsabilités, leurs configurations structurelles et leurs compétences. Ces acteurs se structurent soit sur le site même de la crise, soit via des moyens de communication, et créent une méga-organisation de l'urgence (Denis, 2002). Tous ces acteurs devront mettre en place des stratégies de coordination afin d'être efficaces.

Les sociologues du DRC ont défini quatre types d'organisations présentes lors de la réponse aux désastres en fonction des changements de rôle (activité de routine et de non routine) et de leur structuration (structure ancienne ou nouvelle) (Quarantelli, 1966) :

- les organisations établies (Type I), pendant la gestion d'un désastre ou d'une catastrophe, ont des missions de type routine et leur structuration a été établie en amont. Les organisations ont des missions orientées vers l'urgence, c'est leur métier premier. Leur temps de mobilisation est rapide. Dans ce cas là, nous pouvons inclure les services d'urgence (sapeurs pompiers, services médicaux, police et gendarmerie).

- les organisations en expansion (Type II) ont des missions de routine, planifiées et orientées vers l'urgence. Elles se structurent lors de la crise en augmentant leurs effectifs. Elles interviennent sur le terrain des opérations en second pour venir prêter main forte aux structures d'urgence.

- les organisations en extension ont des rôles non réguliers dans la gestion de l'urgence. Lors d'une catastrophe, elles apportent leur aide en élargissant leurs rôles. Quarantelli (1966) souligne que ce type d'organisation serait en nombre plus important par rapport aux autres structures.

- les organisations en émergence sont engagées sur le terrain de l'urgence dans un rôle non routinier. Ces organisations développent de nouveaux rôles et missions par rapport à leur métier premier à travers une nouvelle structuration.

Ces quatre structures sont synthétisées dans le tableau 8.

Tableau 8: Typologie des comportements des organisations lors d'un désastre (Quarantelli, 1966)

		Rôle	
		Régulier Routine	Non régulier Non routine
Structure	Ancienne	Type I. Organisations établies	Type III. Organisation en extension
	Nouvelle	Type II. Organisation en expansion	Type IV. Organisation émergente

Le degré d'implication des intervenants et des populations varie en fonction du niveau d'impact et des rôles. Quatre strates sont proposées (Denis, 1993) :

- les personnes les plus directement touchées par l'évènement et au plus proche de la zone de danger : les victimes et les personnes en transit ;
- les acteurs ayant un rôle opérationnel
- les familles et les amis des victimes ;
- les autres personnes concernées par l'évènement de façon indirecte.

Ainsi, selon cette vision, il est possible de représenter les victimes, les impliqués et les organisations parties prenantes de la gestion de crise selon une dynamique espace (proche ou éloigné de la zone de danger) – temps (Cf. Figure 8).

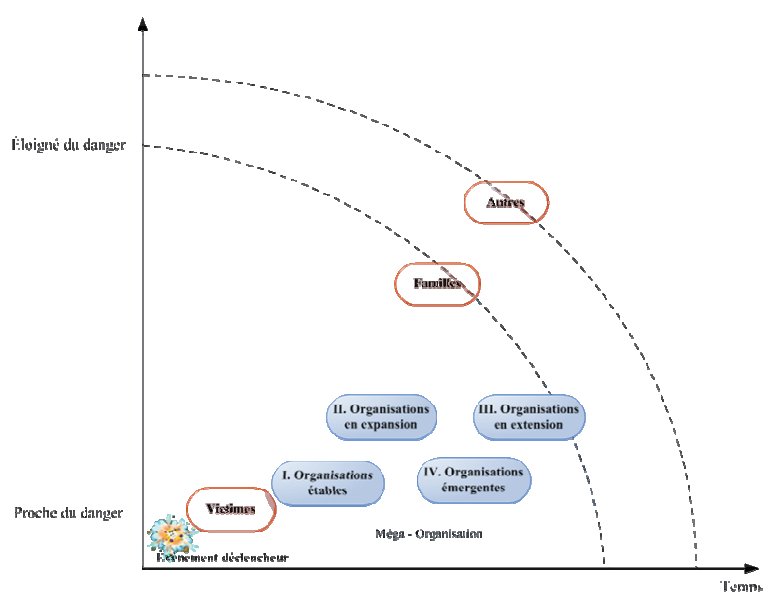


Figure 8: Modélisation des intervenants et des impliqués selon un référentiel espace-temps

L'approche contingente se focalise sur les comportements des organisations agissant à titre d'intervenant social et civique dans les crises. Les auteurs (Dynes, 1970, a ; 1970, b ; Quarantelli, 1977 ; Denis, 1993, 2002) considèrent, dans leurs approches, les antécédents à l'action, de manière à replacer les comportements et les structurations des organisations dans le contexte de la crise. Toutefois, cette approche exclue le rôle du gestionnaire et la notion de choix stratégique et de décisions. Cette approche ne permet pas d'expliquer pourquoi les crises peuvent être source de conflit dans certains cas, et source de coopération dans d'autres cas (Lalonde, 2003).

2.4.2. L'approche configurationnelle des organisations

Lalonde (2003), en s'appuyant sur la théorie de la configuration organisationnelle (Mintzberg, et en intégrant les facteurs de contingence avec lesquels les organisations interviennent, définit trois archétypes ou formes organisationnelles de gestion de crise. Trois formes d'organisation interviennent sur le terrain de la crise : les organisations publiques ayant un rôle civique, les organisations de type associatif et les organisations privées. Le tableau 9 présente les formes configurationnelles des organisations ayant un rôle de réponse.

Tableau 9 : Les trois archétypes de gestion de crise (Lalonde, 2004)

Facteurs	Leadership	Stratégie	Structure		Environnement
			Macro stratégie	Micro stratégie	
Archétypes					
Collectivistes	Collégial	Proximité des milieux	Intégration aux centres de décision	Equipe décentralisée	Rural
L'intégrateur	Organisateur	Optimisation des compétences clés	Découverte de potentialité de collaboration	Equipes segmentées	Urbain
Réactifs	Centralisateur	Improvisation	Différents status	Equipes changeantes	Mixte

- l'archétype collectiviste, mode le plus répandu, définit des organisations dont la préoccupation première est l'assistance de proximité des communautés principalement en milieu rural ;
- l'archétype intégrateur qualifie les organisations dont la préoccupation est d'utiliser au mieux les compétences de chacun afin de résoudre le problème. Leur stratégie d'action est guidée par des éléments de planification ;

– l'archétype réactif correspond aux organisations qui s'immergent de manière rapide et spontanée sur le terrain de la crise sans se formaliser des plans dont ils disposent. Ils prennent leurs décisions sur la base de ce que l'évènement impose.

Selon Mintzerb (1998), les activités humaines organisées nécessitent deux besoins fondamentaux mais contradictoires :

- la division du travail en tâches à effectuer ;
- la coordination de ces tâches afin d'accomplir l'activité. Six mécanismes sont nécessaires à cette coordination (Mintzerb, 1998) :

L'ajustement mutuel : la coordination des tâches s'effectue au travers du processus de communication informelle.

La supervision directe : la coordination du travail se fait par le biais d'une personne qui donne des ordres et des instructions et supervise le travail des autres.

La standardisation des procédés de travail : la coordination des tâches est réalisée aux travers des procédés de travail.

La standardisation des résultats : ce paramètre permet de coordonner le travail à travers la spécification des résultats des différentes tâches.

La standardisation des savoirs : les formations spécifiques sur une tâche ou plusieurs permettent de travailler de manière coordonnée.

La standardisation des normes. Les normes, édictées et contrôlées par l'organisation, prescrivent le travail. Les personnes travaillent avec un même ensemble de données et de croyances.

Cette approche configurationnelle des organisations met en évidence l'importance de prendre en compte à la fois du déterminisme de l'environnement (type) de la crise, mais également les stratégies et le type de leadership mis en place par les décideurs. Selon le lieu de la crise (milieu rural ou urbain), les réponses apportées par les organisations peuvent varier.

2.5. Organisation et processus de décision

Crise signifie décision. Cette situation, au vu des caractéristiques présentée précédemment, peut être définie comme résultant de défaillances du processus de décision mais également comme perturbatrice du processus de décision (temps de décision restreint).

2.5.1. Les modèles de décisions

Afin d'améliorer la gestion des crises, il est intéressant de se focaliser sur les modèles fondamentaux de décision puis de mettre en exergue les paramètres qui influencent les processus de décision lors d'une crise.

2.5.1.1. L'approche classique de la décision ou le modèle rationnel

La théorie « classique » de la décision postule une rationalité absolue des décideurs. Elle repose sur trois éléments (Livian, 2000) :

- l'individu est le décideur, il pense de manière rationnelle ;
- il est capable d'avoir des objectifs clairs ;
- il étudie toutes les alternatives possibles et détient les critères permettant de choisir une solution.

L'organisation est confondue avec un acteur unique, rationnel. Cela suppose donc que les acteurs de l'organisation disposent tous d'un but unique, accepté par tous. Dans ce type de modèle, les informations sont disponibles et complètes, les acteurs ayant la capacité de générer l'ensemble des alternatives qui s'offrent à eux pour résoudre le problème. Le modèle rationnel suppose que les résultantes de chaque alternative soient connues et classables selon des critères afin d'offrir le gain maximum à l'organisation (Forgues, 1993). La rationalité est définie comme relative à la sélection d'un comportement ou d'une action, préférée par rapport à une autre alternative. Ce processus peut être conscient ou non, fonction de l'information plus ou moins exacte dont l'individu dispose pour faire ce choix et il est orienté vers des objectifs personnels ou ceux de l'organisation.

Cette approche classique de la décision, de l'acteur unique, rationnel, a été critiquée principalement par Simon. D'autre part, elle n'est pas compatible avec la crise puisque le principe d'acteur unique n'existe pas.

2.5.1.2. Le modèle de la rationalité limitée

Le décideur est généralement placé au centre d'une organisation mais il n'est pas le seul « maître à penser ». Le concept de rationalité limitée, avancé par Simon permet d'expliquer pourquoi au sein d'une même organisation, deux individus ayant les mêmes informations, évoluant dans le même contexte d'action, prennent des décisions différentes. Selon Simon, la rationalité est de type limité, c'est-à-dire que le décideur fixera son choix sur la première alternative qui s'offre à lui et non sur la meilleure (Forgues, 1993). L'homme, de part ses capacités cognitives limitées est dans l'incapacité de générer l'ensemble des choix et alternatives d'un problème. De plus, de part une limitation des informations, le décideur est dans un processus de satisfaction et non dans celui d'une maximisation de la décision.

La notion de rationalité limitée comporte deux volets : « *Les êtres humains sont rationnels car ils peuvent expliquer, la plupart du temps, les décisions qu'ils prennent [...] ; d'autre part cette rationalité est limitée parce que les individus commettent des erreurs de jugement et n'atteignent pas toujours les buts qu'ils se sont fixés.* (Parthenay, 2005) ». Simon affinera son analyse en proposant les notions de *rationalité substantive* et de *rationalité procédurale* (Livian, 2002). La première est mise en œuvre lors des processus déductifs et analytiques présentant peu ou pas d'incertitude. Le second type relie les intentions et les perceptions. Elle est adaptée pour des situations d'incertitude au cours desquelles l'information est incomplète et où le raisonnement repose sur des raccourcis (ce qui est le cas lors de la gestion d'une crise).

2.5.1.3. Le modèle organisationnel de la décision

Il est difficile de concevoir l'organisation comme un acteur unique. En s'appuyant sur la théorie de la rationalité limitée de Simon, Allison (in Forgues, 1993) considère l'organisation comme un ensemble composite de plusieurs individus, chacun disposant d'un morceau du problème. La conception du problème requiert l'intégration des différentes visions des individus, de la collecte d'information, elles aussi fragmentaires. L'organisation met en place des procédures, des normes afin de traiter ce problème. Forgues (1993) note que ce type de structure est mal adapté pour la gestion des crises. En effet, le caractère rigide, procédural de modèle de décision, peut aggraver la situation.

2.5.1.4. Le modèle cognitif de la décision

Alors que les théories classiques postulent que les décisions sont prises de manière rationnelle, l'approche cognitive de la décision met en avant la présence de biais cognitifs et heuristiques (simplification du problème) présents lors des étapes du processus de crise pour expliquer les écarts de pensées observés (Laroche, 1994) ou des décisions absurdes (Morel, 2004).

L'identification et la formulation du problème résulte d'une construction cognitive au cours de laquelle, les acteurs s'appuient sur leurs expériences antérieures et sur leurs connaissances. Une des critiques majeures adressée à l'approche cognitive, repose sur le fait qu'elle se base sur le concept « d'individu rationnel » dans une problématique individualiste (Laroche, 1995 ; Allard-Poesi, 2003). Les processus organisationnels des décisions seraient appréhendés comme une simple agrégation des décisions individuelles, ce qui apparaît comme une régression. Elle se fonde principalement sur la notion de représentation collective et non individuelle. Les travaux de Weick (1995) à l'inverse, s'interrogent sur le comportement individuel des acteurs et les interactions entre individus, en les inscrivant dans un processus continu de construction du sens et de l'action organisée.

2.5.1.5. Le modèle de l'évitement : modèle de décision en situation de crise.

Forgues (1993) propose un nouveau modèle explicatif des comportements et des décisions prises lors d'une situation de crise. Le concept central de ce modèle est l'évitement qu'il retrouve au niveau de l'individu, du groupe et de l'organisation. Les aspects de ce modèle peuvent être synthétisés dans le tableau 10. Les pré-conditions à l'évitement d'une situation de crise sont, au niveau individuel et du groupe, d'une part le rejet de l'incertitude et d'autre part la présence de dilemme dans les actions à entreprendre. L'organisation quant à elle, évitera une crise par le refus de prendre un risque au vu des coûts supérieurs aux bénéfices qu'elle pourrait en tirer.

Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques du modèle d'évitement

	L'individu	Le groupe	L'organisation
Pré-conditions à l'évitement	- rejet de l'incertitude ; - présence d'un dilemme.	- rejet de l'incertitude ; - présence d'un dilemme.	- rejet de l'incertitude ; - refus de prise de risque.
Conséquences	- rejet des responsabilités ; - absence de recherche d'alternative : l'individu se conforme aux plans ; - déni de la crise.	- refus de conflit ; - mise en retrait de certaines personnes ; - dilution des responsabilités ; - « appui » sur les autres groupes.	- comportements d'attente ; - rejet des alternatives proposées.

Les conséquences de l'évitement sont le rejet de toute responsabilité, des comportements d'attentes, voir le déni de la crise.

2.5.1.6. Le modèle générique de Nioche adapté à la gestion de crise

En adaptant le modèle générique de Nioche à la gestion des crises, Boutté (2006) détaille les mécanismes qui conduisent une organisation, lors de la phase de réponse, à basculer en crise (Cf. Tableau 11).

Au niveau de la cellule de crise, le basculement vers le processus de crise s'explique par un jeu d'acteurs disputé, ne pouvant être régulé du fait de la turbulence élevée de l'environnement et de la pression temporelle suscitée par la situation globale. La crise se distingue donc de l'évènement déclencheur. Cette dernière n'est pas conditionnée par l'ampleur du phénomène dangereux et des conséquences, mais plutôt par les réactions des populations ou des médias, qui exercent une pression sur les décideurs. Ces derniers basculent dans un mode de gestion de type politique, dans un univers turbulent, et se retrouvent en crise.

Tableau 11 : Modèle générique adapté à la gestion des crises (Boutté, 2006)

				Environnement réel et /ou perçu		
				Stable	Prévisible	Turbulent
				Situation de décision		
				Emergente	Anticipée	Occurrente
Pouvoir	Concentré	Modèles de décision	Acteur unique, cognitif	Ajustement	Rationalisation	« Règles de l'art »
	Réparti		Organisationnel	Adaptation administrative	Plan de secours et processus formalisé	Plan de secours
	Disputé		Politique	Ajustement consensuel	« Jeu politique »	Crise

2.5.2. Le processus de prise de décision en situation de crise

Comme pour les modèles de prise de décision, il existe une pluralité de processus de décision. Deux modèles sont détaillés : le processus classique de la décision, et le processus intuitif.

2.5.2.1. Le processus classique de décision

Le processus le plus courant est celui de type linéaire qui se rattache au modèle classique de la décision et au modèle développé par Simon. Ce processus est décomposable en plusieurs étapes clés (Rojot, 2005 ; Livian, 2000) :

1. *Identification du problème.* Les décideurs doivent reconnaître la présence d'une problématique. Pour se faire, ils vont recueillir une masse d'information

2. *Evaluation du problème.*

3. *Recherche de solutions préexistantes*

4. *Elaboration de solutions possibles, innovantes*

5. *Choix de la solution envisagée (Décision)*

6. *Application et mise en place de cette solution (Action).*

D'autres modèles plus globalisants, non linéaires, intègrent des facteurs environnementaux afin de prendre en compte toute la réalité de la crise.

2.5.2.2. Le processus intuitif de décision

Sayech (2003), au travers de l'analyse de la réponse apportée lors des attentats du World Trade Center, a développé un modèle conceptuel de prise de décision en situation de crise reposant à la fois sur la connaissance tacite des décideurs, l'intuition et l'émotion. Selon l'auteur, l'émotion serait le préalable au modèle intuitif. En effet, lors d'une crise, divers mécanismes cognitifs, tels que l'intuition et l'émotion, contribuent à rendre effectives les décisions.

Le processus de décision est également conditionné par les facteurs de contingence et la turbulence de l'environnement. La pression temporelle, le manque d'information et/ ou un flux d'information conséquent, la complexité, la rareté de l'évènement, les conflits entre acteurs, le sentiment de menace et la surprise de la situation (Burke, 1997 ; Mendonça, 2007 ; Sayech, 2003 ; Sommer, 2006) créent un environnement de décision particulièrement turbulent.

Le processus de décision mis en œuvre pour gérer une crise peut être représenté de la manière suivante (Cf. Figure 9). Il intègre à la fois les caractéristiques de l'environnement de crise et les capacités cognitives des décideurs.

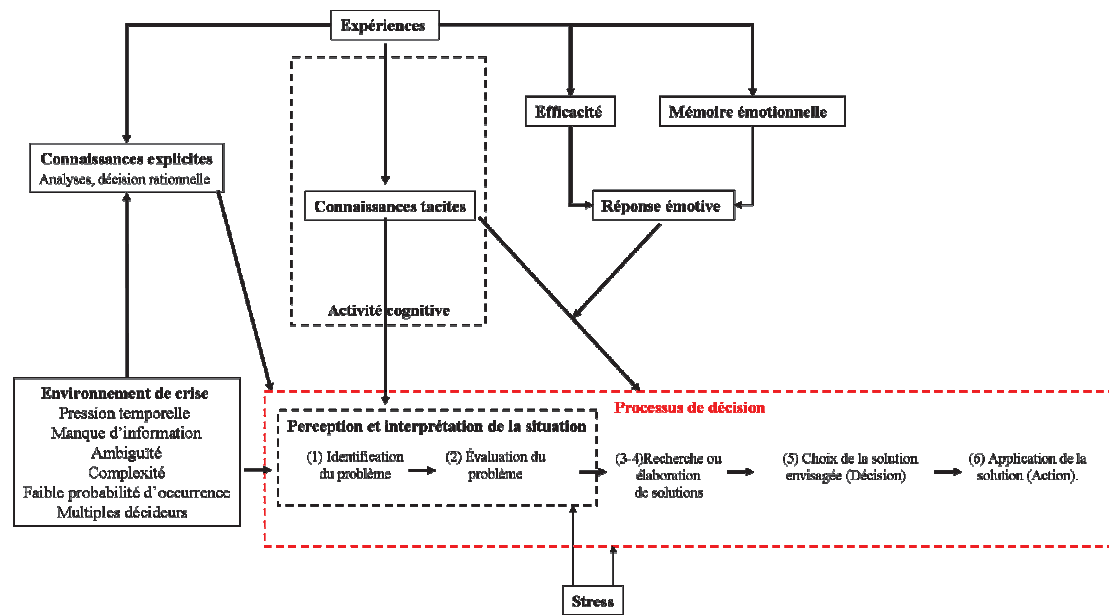


Figure 9 : Le processus de décision en situation de crise (Adapté de Parkin, 1996 et Sayech, 2004)

Les paramètres environnementaux de crise influencent le processus de décision et les actions mises en place à la fois au niveau individuel, collectif (groupe) et organisationnel. Plus précisément ces facteurs provoquent au niveau individuel du stress et des frustrations, un biaisement de la perception de la crise, des incertitudes et des ambiguïtés dans les décisions. Au niveau du groupe, la pensée unique prédominerait. Quant au niveau organisationnel, les principales conséquences de l'environnement turbulent sont la présence de conflits entre acteurs.

La partie suivante s'attache à étudier l'impact des facteurs de contingence au niveau de l'individu, du groupe et des organisations.

2.5.3. Impacts des facteurs de contingence sur l'individu le groupe et l'organisation

2.5.3.1. Perception et représentation de la crise : le préalable aux décisions et aux actions.

La perception d'une situation comme étant une crise est une étape critique du processus de décision (Seeger, 2002). Elle n'est jamais objective car elle provient d'une représentation ou d'une construction mentale de l'environnement par l'individu. Le décideur doit au préalable percevoir les signaux avertisseurs, l'évènement déclencheur, puis les probabilités de pertes et la pression temporelle associée (Billing, 1980). Il crée ensuite, une représentation de cette situation, basée sur son propre univers de référence, qui est fonction de sa culture, son activité, son expérience antérieure, ses sentiments, en somme son construit personnel. Cette première conceptualisation de la réalité sera enrichie de données et d'analyses rationnelles provenant du terrain de la crise. La représentation de la situation s'appuie donc à la fois sur une pensée dite synthétique et sur une pensée rationnelle, analytique (Tremblay, 2007). Les acteurs de la crise ne répondent pas à la crise elle-même, mais à la représentation mentale de celle-ci (Ody, 1995). La perception de la crise au niveau individuel est donc influencée par (Sayech, 2003) :

- la connaissance explicite, rationnelle, analytique de la situation ;
- la connaissance tacite acquise par l'expérience individuelle ;
- les caractéristiques de la crise (ambiguïtés, faible probabilité et haut niveau de menace).

Une organisation étant composée de plusieurs individus. La représentation « finale » de la crise résulte donc d'un partage de multiples représentations de la situation permettant de créer une représentation propre à l'organisation. Les différents membres vont ainsi donner un sens collectif à la crise, dans le but de réduire l'équivocité perçue de la situation (Weick, 1995). Cette activité permet d'établir des priorités et des préférences quant aux actions à entreprendre pour résoudre la situation. Les acteurs, par le biais de leurs interactions établissent un système d'action organisée. Weick (1995) identifie deux occasions pour initier un processus de sensemaking ou construction du sens : interruption des activités de routine et existence d'ambiguïté et d'incertitude. Ces deux caractéristiques sont également communes aux situations de crise.

Mais la perception de la crise semble être une étape difficile pour les décideurs.

Le processus de décision débute lors de la phase d'incubation durant laquelle des signaux avertisseurs apparaissent. Or ces informations sont généralement ignorées ou égarées. Chaque

acteur développe une sensibilité particulière à détecter et prendre en compte ces paramètres. Selon Wissema (2002), les causes d'une faible détection des signaux avertisseurs pourraient provenir des acteurs eux même, du processus de décision et des informations. Ainsi, les paramètres influençant la détection et la prise en compte des signaux avertisseurs proviennent de défaillances individuelles et collectives, de la qualité et de la quantité des informations mais également des paramètres contingents comme par exemple une rupture des moyens de communication (Cf. Tableau 12).

Tableau 12 : Les causes d'une faible sensibilité à détecter et prendre en compte les signaux avertisseurs (Adapté de Wissema, 2002)

Paramètres influençant la détection des signaux avertisseurs	
Organisation <i>Acteurs</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Tension entre acteurs, leadership ; – focus sur un problème unique et non sur l'ensemble du système ; – rapidité, urgence, impatience ; – ego, pouvoir et excès de confiance ;
<i>Collectif</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Groupthink ; – manque de préparation et de planification à la gestion de crise ; – absence de scénarios de risques et de crises ;
Information	<ul style="list-style-type: none"> – quantité faible d'information ; – informations, partielles, fausses, contradictoires ;
Facteurs contingents	<ul style="list-style-type: none"> – saturation ou rupture des réseaux de communication ; – défaut des systèmes d'alerte et de remontée d'information.

2.5.3.2. L'impact du stress

Les effets du stress sur le processus de décision en situation d'urgence ont été notés, mais peu de recherches ont été conduites pour expliquer ce phénomène.

Le stress est un phénomène individuel, généré par un évènement émotionnellement choquant ou traumatisant dont les principales caractéristiques sont (De Soir, 1999) :

- la soudaineté et l'inattendu de l'évènement ;
- le sentiment d'impuissance, d'effolement ou de colère ;
- des émotions de peurs et d'émoi ;
- une confrontation de façon directe ou indirecte à la mort.

Il a été noté, dans la phase initiale d'intervention des sapeurs pompiers ou des ambulanciers, qu'une agitation corporelle très grande, entraîne des fautes, des erreurs, des décisions incohérentes et un rétrécissement de l'attention (DeSoir, 1999). Mais cette agitation est nécessaire pour agir et être vigilant.

L'impact du stress sur un individu peut donc être soit positif (augmentation des performances, soit négatif (perte de moyens, repli sur soi, déni de la situation, diminution des capacités d'attention, de tolérance) (Lazarus in Kowalski, 2003)

Le niveau de stress en phase de réponse dépendrait également de facteurs contingents et de vulnérabilité individuelle, tels que la qualité et la quantité d'informations disponibles pour analyser et percevoir la crise, la présence de personnes proches des acteurs parmi les victimes, l'expérience antérieure, le degré de connaissance et l'apprentissage lors d'exercices, les problèmes personnels. Ainsi, l'habilité des individus à gérer leurs stress dépendrait de la perception et de la représentation qu'ils ont de la crise (Kowalski-Trakofler, 2003).

2.5.3.3. Incertitude, complexité et ambiguïté.

L'incertitude se retrouve à deux niveaux :

- l'environnement de crise est incertain ;
- le décideur est incertain de ses décisions et des actions en découlant.

L'incertitude, concernant l'environnement d'une organisation, peut être définie (Duncan, 1972) comme (1) le manque d'information relatif aux facteurs environnementaux ayant une incidence sur le processus de décision, (2), l'absence de connaissance sur les conséquences des décisions prises, (3) l'incapacité à assigner une probabilité de gains ou de défaillances des actions entreprises.

Une situation est qualifiée d'incertaine lorsque les informations dont dispose un individu sont de qualité médiocre pour décrire, prédire ou prévoir de manière précise le comportement et l'évolution d'un système perturbé. Quatre origines peuvent être notées (Zimmerman, 2000 ; Demolombe, 1997) :

- le manque d'information ou incomplétude est probablement la cause principale d'incertitude. Dans une logique de prise de décision, cela correspond à un déficit quantitatif et qualitatif de l'information pour prévoir les différentes étapes d'un problème ;
- plus un système est complexe, plus il génère un volume d'information important. Le volume d'information nécessaire pour résoudre la situation est donc dépendant de la complexité de cette dernière. Chaque sous système requiert un volume d'information qui peut être source d'incertitude. Ces sous systèmes établissent des interactions entre eux, ces dernières étant également source d'incertitude ;
- l'incertitude serait dû à un conflit entre deux conceptions divergentes de la situation, les informations détenues étant fausses ou contradictoires ;
- l'incertitude proviendrait également d'une ambiguïté ou d'une imprécision dans le langage utilisé pour décrire une situation. L'information est véhiculée par le langage, les termes employés peuvent être vagues ce qui amène plusieurs interprétations possibles de la situation.

Les méthodes de calculs ou les systèmes de mesures sont sources d'incertitude, les données transmises pouvant être imprécises (Bronner, 2006).

Les incertitudes ont trait à l'évènement déclencheur (nature, évolution, facteurs de contingence), aux conséquences réelles et prévisibles et aux actions stratégiques possibles (Rake, 2003) sur la sortie de crise.

Le deuxième niveau d'incertitude, celle du décideur, est de type subjectif. Malgré la détention de toutes les informations disponibles, le décideur semble incertain de sa décision.

L'incertitude, l'ambiguïté la complexité d'une situation amène le décideur à recourir à des heuristiques (Laroche, 1994). La perception d'un changement rapide de l'environnement par les décideurs est problématique et il s'avère que ces derniers ont tendance à se focaliser sur certaines informations, et à minimiser certains signes pour ainsi simplifier le problème.

Conclusion - Synthèse

L'étude des crises est un vaste champ de recherche qui se situe à la confluence de plusieurs courants. Différentes caractéristiques des crises ont été ciblées comme par exemple une pression temporelle forte, un niveau de menace pour les organisations, une probabilité d'occurrence faible, une prédictibilité difficile... Plusieurs interrogations avaient émergé au vu des définitions des crises.

– **Comment naissent, se développent et meurent les crises ?**

Deux conceptions complémentaires, expliquent l'émergence des crises. L'approche de type « évènement » considère la crise comme un évènement unique, résultant d'un risque majeur et donc les conséquences sur les hommes, les biens, l'environnement et les organisations sont dramatiques. L'approche de type « processus », quant à elle, construit la crise comme un phénomène prenant naissance au sein des organisations, et qui est mis en éveil sous l'action de facteurs organisationnels.

– **Pourquoi les organisations génèrent-elles des crises ?**

Les organisations sont ambivalentes. Elles peuvent être à la fois sources et victimes des crises, du fait par exemple de la complexité de leur fonctionnement ou de comportement de déviances par rapport à une norme. La présence de lacunes organisationnelles ou d'antécédents aux crises accentuent la vulnérabilité des organisations à créer et subir une crise. Lors de la phase de réponse, les acteurs peuvent construire des représentations de la situation non conformes à la réalité ce qui provoque par exemple des problèmes de coordination.

– **Quelles configurations adoptent les organisations pour répondre à la crise ?**

Pour répondre à ces situations parfois chaotique, les organisations mettent en place différents comportements dictés d'une part par les facteurs de contingence de l'évènement déclencheur et de l'environnement, et d'autre part, par leurs structures et le mode de gestion du décideur (leadership).

– **Quelles sont les répercussions au niveau individuel et collectif ?**

Ces situations extrêmes, de part leur dynamique, créent un environnement turbulent qui impacte le processus de décision des acteurs en provoquant par exemple du stress, des incertitudes sur les causes et les conséquences, de l'ambiguïté, aussi bien au niveau individuel que collectif.

Chapitre 3

Que nous apprennent les évènements de ces dix dernières années ?

« On vit comme des animaux depuis quatre jours grince Rudolp, sans électricité, sans eau, sans toilette, sans douche, sans rien. Il faut que l'on sorte de là, on devient fou et malade. Ma fille et ces deux petites filles vivent comme des clochardes, c'est insupportable. »

(Propos recueillis lors de l'ouragan Katrina, Extrait du Monde du 3 septembre 2005).

-
- 3.1. Synopsis de quelques accidents et crises passés
 - 3.2. Les facteurs de contingence situationnelles
 - 3.3. Les conséquences de ces situations au niveau des communautés
 - 3.4. Des problématiques organisationnelles et managériales
-

Introduction

Ce chapitre 3 a pour objectif de faire le lien entre les concepts établis précédemment et les réalités de quelques crises et accidents, ayant eu lieu ces dix dernières années en France mais également à l'étranger. La crise sera analysée selon une double approche qui se focalise, d'une part sur l'évènement déclencheur et les conséquences (vision événementielle) et d'autre part, sur le processus organisationnel conduisant à son émergence. Après une présentation sommaire des cas retenus, la première section s'intéresse aux facteurs de contingence liés aux évènements déclencheurs. Puis les conséquences au niveau des communautés seront détaillées afin de mettre en exergue les facteurs de vulnérabilité conditionnant l'ampleur de la situation. Enfin, les problématiques organisationnelles seront mises en exergues.

3.1. Synopsis de quelques accidents et crises passés.

3.1.1. L'accident du tunnel du Mont Blanc

Le 24 mars 1999 vers 10 heures, un semi-remorque belge transportant de la margarine et de la farine s'immobilise sur la chaussée et s'enflamme. La rapidité de l'embrasement a surpris de nombreux automobilistes qui se sont retrouvés bloqués dans leur véhicule. Au total 39 victimes sont à dénombrer. L'incendie s'étant développé avec une telle intensité et une telle rapidité, certains personnels de secours ont été piégés dans le tunnel du fait des conditions de l'accident (visibilité nulle, température élevée et raréfaction de l'oxygène). (Duffe, 1999, a, b) (Cf. Annexe I.2).

3.1.2. Le naufrage du pétrolier Erika en décembre 1999

Le 12 décembre 1999, le pétrolier maltais, l'Erika, transportant 30 900 tonnes de fuel, se brise à 70 kilomètres au large du Finistère. Dans la nuit du 25 au 26 décembre 1999, les premières nappes de pétrole atteignent les côtes, poussées par les tempêtes Martin et Lothar. Près de 400 kilomètres de côtes sont touchées. Cinq départements ont déclenché leur plan Pol Mar Terre. La catastrophe de l'Erika a relancé le débat sur le transport maritime de matières dangereuses (De Richemont, 2000 ; Reymann, 2002) (Cf. Annexe I.4).

3.1.3. Les tempêtes Martin et Lothar de décembre 1999

Le 26 et le 28 décembre 1999, deux tempêtes « Lothar » et « Martin », de niveau 12 sur l'échelle de Beaufort (le maximum), ont traversé la France. Des rafales de vent jusqu'à 170 km/h à l'intérieur des terres ont été enregistrées. Les deux tiers des départements de la France ont été touchés par ces tempêtes qui avaient chacune une trajectoire différente. Les bilans humains, environnementaux et matériels sont lourds : 92 morts, 2000 blessés, 140 millions de m² du territoire dévasté, 15 millions d'euros de dommages. Les moyens de secours engagés ont également été hors norme : 150 000 pompiers, 8 500 militaires par jour et ce pendant un mois. (Sanson, 2000 ; Bourdier, 2000 ; Rosenwald, 2002) (Cf. Annexe I-5).

3.1.4. Les attentats terroristes du 11 septembre en 2001

A 8h45 AM, le mardi 11 septembre 2001, un avion de la compagnie American Airline en partance de Boston, est détourné par un groupe de terroristes et s'écrase dans la tour nord du complexe du World Trade Center. L'évènement apparaît dans les premiers instants isolé. Immédiatement, les pompiers et les policiers de New York se précipitent sur la scène de l'accident. Or, 18 minutes plus tard, à 9h03 AM, sous l'œil des médias et relayé au niveau international, un second avion s'écrase dans la tour sud du complexe provoquant une énorme explosion. Les aéroports du pays sont aussitôt fermés (9h17). A 9h43 AM, un troisième avion s'écrase sur les bâtiments du Pentagone. A 10h10 AM, le vol n°93 en provenance de Newark et à destination de Pittsburgh s'écrase à Somerset County. Approximativement au même moment, la tour sud du complexe du WTC s'effondre complètement. 28 minutes plus tard, la tour nord s'écroule également. 2830 personnes dont 343 pompiers et 78 policiers sont à dénombrer parmi les victimes. L'attaque du Pentagone et le crash de l'avion à Pittsburgh ont coûté la vie à 329 personnes (Seifert, 2002 ; The Georges Washington University, 2002 ; The national commission on terrorist attacks upon the Unites States, 2004 ; Brackbill, 2006 ; Dearstyne, 2007 ; Lauenstein, 2007) (Cf. Annexe I-6)

3.1.5. L'explosion de l'usine AZF en septembre 2001

Le 21 septembre 2001 vers 10 heures, une forte détonation retentit à Toulouse. Entre 20 et 120 tonnes de résidus de nitrate d'ammonium détonent en masse dans l'usine de la Grande Paroisse entraînant des effets dévastateurs sur le site et sur l'environnement (Dechy, 2004, a). La France n'avait pas connu un tel accident depuis l'après guerre. Le bilan fait état de 30 morts (21 personnes sur le site et 9 personnes hors site), 2 242 personnes blessées, 8 000 personnes atteintes de Stress Aigu Post Traumatique et 5 000 personnes traitées aux psychotropes (INVS, 2006 ; INESC, 2002). Les conséquences matérielles sont importantes.

Hormis le site détruit, 27 000 logements sont gravement touchés, 12 000 familles seront à reloger, de nombreuses entreprises ont été endommagées et 7 000 personnes ont été mises au chômage technique. Cette explosion a provoqué un grand choc psychologique à Toulouse mais également en France. Le débat sur les risques industriels a été relancé à la suite de cet accident et de nouvelles législations ont été adoptées (PPRT¹²) (Barpi, 2004 ; CLIP Toulouse, 2003 ; Dechy, 2004, a, b ; INVS, 2004 ; INVS, 2006 ; INESC, 2002 ; Barthet, 2004) (Cf. Annexe I-7).

3.1.6. Les inondations de septembre 2002

Entre le dimanche 8 et le lundi 9 septembre 2002, deux évènements pluvieux se sont succédés sur les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme. L'évènement pluvieux est parmi les plus violents mesurés en Languedoc Roussillon et en Provence Alpes Côte d'Azur de part des cumuls d'eau élevés (jusqu'à 687 mm en 24 heures en certains endroits) et une spatialité importante. 23 disparus, dont 22 pour le Gard, sont à déplorer. De nombreux moyens de secours ont été déployés afin de faire face à cette catastrophe. Les effectifs locaux ont été vite dépassés par l'ampleur de l'évènement mais ils ont pu compter sur le renfort des autres départements pour rétablir la situation. Cet évènement a marqué les esprits des Gardois et a provoqué un éveil de la culture du risque dans ce département. Les habitants du Gard ont ainsi pris conscience que leur territoire était fortement soumis à des épisodes d'inondation (Perriez, 2002 ; Peton-Klein, 2003 ; Huet, 2003 ; Ledoux, 2003 ; Sauvagnargue- Lesage, 2004, a, b) (Cf. Annexe I-8).

3.1.7. La canicule de l'été 2003

L'été 2003 fût le plus chaud qu'ait connu la France depuis le début du recueil des données météorologiques en 1973 (Jacquat, 2003). La première quinzaine du mois d'Août a été caractérisée par une période caniculaire d'une intensité exceptionnelle. Les températures nocturnes ont été supérieures à 25°C et ce, pendant deux semaines. Le phénomène de 2003 se caractérise par 9 jours consécutifs de températures maximales supérieures à 35°C avec une température moyenne de 30.8°C (jour et nuit). Cette vague de chaleur s'est accompagnée d'une augmentation de la mortalité à court terme. Le nombre de décès cumulé, en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ, 400 pour le 4 août, 3 900 pour le 8 août, 10 600 pour le 12 août et 14800 pour le 20 août soit une augmentation de 60% par rapport à la mortalité attendue (Létard, 2004)). La France n'était pas préparée à faire face à des chaleurs aussi intense (Lalande, 2003 ; Lagadec, 2005,).

¹² Loi n° 2003-699 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

La crise de la canicule est avant tout sanitaire et sociale. Cet évènement est tout de même intéressant à prendre en compte car de nombreux facteurs aggravants d'ordre technique et opérationnel ont concouru à une non anticipation de l'excès du nombre de décès imputables à la canicule.

3.1.8. Les attentats terroristes de Madrid en mars 2004

Le 11 mars 2004 s'est produit, entre 7h36 et 7h40, 10 attentats à la bombe en différents points du réseau ferré à proximité de Madrid. Quatre trains ont été visés, tous en partance de la même gare. 191 morts et 1755 blessés et de nombreuses pertes matérielles (réseau ferré et bâtiments à proximité) sont à déplorer. (Le monde, 2004 ; Administracion de justicia, 2004 ; Garrido-Martin, 2005 ; Libération, 2004) (Cf. Annexe I-9)

3.1.9. Le tsunami en Asie, le 26 décembre 2004

Le matin du 26 décembre 2004, vers 7h58, un tremblement de terre de forte magnitude a frappé la province d'Aceh, au nord de l'île de Sumatra, à l'ouest de l'archipel indonésien. Le séisme a provoqué un tsunami dont la première vague touche le nord de l'île quarante minutes après les premières secousses (Lavigne, 2006). 800 kilomètres de côtes ont été rasés provoquant des dommages sur plus de 1 750 km² et touchant 2 5000 villages. Les pertes humaines sont immenses et, selon les différentes estimations, elles ont atteint 170 000 à 200 000 morts et disparus. Outre le nombre exceptionnel de morts, la catastrophe a laissé 565000 personnes sans-abri. Mais c'est surtout l'absence de politique de prévention auprès des populations et d'aménagements des littoraux qui explique l'ampleur de la catastrophe. C'est la troisième catastrophe naturelle la plus meurtrière de tout les temps. (Lavigne, 2006 ; Yamada, S., 2006).

3.1.10. Les attentats terroristes de Londres en juillet 2005

Le 07 juillet 2005, 4 attaques terroristes ont visé le métro londonien et un bus. La première explosion, à 08h50, a fait 7 morts. Au même moment, une seconde explosion, se produit dans une deuxième rame de métro provoquant le décès de 21 personnes. A 08h51, une troisième explosion se produit à l'instant où une rame de métro arrive à la station de Edgware Road. Cet attentat a fait 5 morts. A 9h47 a eu lieu la quatrième explosion à l'étage supérieur d'un autobus impérial à Tavistock square provoquant le décès de 13 personnes.

Au total, 56 personnes sont décédées à la suite des explosions et 700 personnes ont été blessées. Les attentats de Londres sont intervenus dans un contexte particulier. Le 2 juillet, a eu lieu les Live 8 concerts, à Londres mais également dans 7 autres pays des concerts de solidarité pour les pays d'Afrique. Le 6 juillet, la ville de Londres a été choisie par le CIO

pour organiser les Jeux Olympiques de 2012. Le 7 juillet s'est tenu à Gleneagles le sommet du G8.

(House of Common, 2006,) (Cf. Annexe I-10)

3.1.11. Les ouragans Katrina et Rita en août 2005

Le 29 août vers 11h00 (heure locale), l'ouragan Katrina de niveau 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson, atteint les côtes de la Nouvelle-Orléans et de Biloxi, provoquant une des plus grande catastrophe naturelle aux Etats-Unis. La détection et la trajectoire de l'ouragan Katrina a été relativement précise et précoce (60 heures avant l'impact) permettant une évacuation ou le confinement des populations dès le 28 août (Kuepper, 2005). Dans la nuit du dimanche 28 au lundi 29 août, le niveau du lac Ponchartrín a augmenté de plusieurs mètres à la suite des pluies torrentielles qui se sont déversées. Le mardi 30 août, les digues du lac, déjà fragilisées, se sont effondrées sous l'effet de la pression exercée par les hauteurs d'eau. Approximativement 80% de la Nouvelle-Orléans a été inondé, provoquant une seconde catastrophe de grande ampleur. L'ouragan Katrina a causé des dégâts majoritairement dans cinq Etats des Etats Unis : la Louisiane, le Mississippi, la Floride, la Géorgie et l'Alabama (Knabb, 2005) ce qui représente une superficie équivalente à 50% du territoire français (Guilhou, 2006). Au-delà des conséquences dramatiques provoquées sur les enjeux, l'ouragan Katrina a été le révélateur d'une impréparation de fond. Lagadec (2007) assimile la crise de Katrina à un épisode hors cadre. Hors cadre du fait d'un niveau de gravité élevé, hors cadre de par la multitude de difficultés à affronter et de l'ampleur des destructions, hors cadre de par le nombre d'intervenants nécessaires pour agir et de l'ampleur des opérations, hors cadre de par les exigences de pilotage que la catastrophe nécessitait. Au-delà des ces aspects quantitatifs, cet évènement a mis en évidence des défaillances dans les modes de gestion. La catastrophe est devenue une crise du fait des organismes gestionnaires qui se sont retrouvés dans une impasse. Un mois après l'ouragan Katrina, le Floride a été touchée par un second ouragan dénommé Rita. (AFPCN, 2006 ; Franck, 2005 ; Knabb, 2005 ; Berke, 2006 ; Guihou, 2006 ; Kuepper, 2005 ; Lagadec, 2007 ; White House, 2006 ; Weems, 2007 ; Masozera, 2007 ; (Cf. Annexe I-11)

3.2. L'origine de ces situations : les facteurs de contingence situationnelle

Cette partie va s'attacher à illustrer et à mettre en relation quatre facteurs de contingence – localisation de la source de danger, la simultanéité des événements, la présence d'effet domino et le moment de survenue de l'évènement - avec le théâtre des opérations.

3.2.1. La localisation de la source de danger et la spatialité de la zone impactée

Pour les phénomènes industriels et intentionnels, la source de danger peut être localisée, soit en milieu ouvert, soit en milieu clos (tunnel, métro). Ces derniers peuvent aggraver la situation initiale, en confinant la source de danger et en augmentant le flux dangereux. Ceci a été le cas pour l'accident du tunnel du Mont Blanc : malgré une mobilisation rapide des pompiers sur le lieu du sinistre, l'intervention a été complexe, du fait de la présence de fumées toxiques dans un milieu confiné. La localisation géographique (milieu urbain, semi-urbain, rural ou montagnard) conditionne à la fois l'ampleur et la gravité des conséquences humaines. Les enjeux en milieu urbain sont concentrés, les densités de population sont plus élevées. Potentiellement la vulnérabilité du territoire est plus forte. Les milieux périlleux perturbent l'intervention des secouristes. Autre constat : la localisation des centres de secours en zones inondables (inondations de 2002) est un paramètre aggravant de l'intervention.

3.2.2. Le moment de survenue de l'évènement déclencheur

L'heure de la catastrophe a également son importance. Dans le cas de Toulouse, l'explosion est intervenue à 10h17, soit quelques heures après le pic de circulation sur la rocade à proximité du site. Les conséquences aux heures de pointe auraient été largement amplifiées. Le même constat est fait dans le cas des inondations de 2002. L'évènement pluvieux ayant débuté un dimanche soir, veille de rentrée scolaire, la quantité d'enjeux a été moindre et des actions d'anticipation ont pu être menées pour le lendemain (fermeture des écoles). A contrario, dans le cas de la canicule de 2003, cet évènement a eu lieu en période de vacances, biaisant ainsi la perception de la crise (« La chaleur ne tue pas, surtout en été ») et diminuant la mobilisation des acteurs puisque certains d'entre eux étaient en vacances.

Le moment de l'évènement déclencheur peut être également mis en relation avec une dynamique internationale des crises et des catastrophes. En effet, de par la mondialisation des échanges informatifs, les situations de crise et de catastrophe sont relayées dans les journaux du monde entier. L'explosion de l'usine AZF ou l'ouragan Rita illustrent l'influence du contexte sur le processus de crise.

Ainsi, c'est dans un climat de peur, du fait des attentats aux Etats-Unis dix jours plus tôt, que survient le 21 septembre 2001 la catastrophe d'AZF, conduisant la population et les services de secours à supposer, dans les premiers instants, que l'explosion était d'origine terroriste. A l'annonce de l'ouragan Rita (à peine un mois après Katrina), les populations et les gestionnaires ont réagi promptement. La leçon avait été retenue.

Le moment de la crise est un élément pouvant aggraver une crise qu'il faut prendre en compte lors de la gestion. Ce paramètre conditionne à la fois l'ampleur des conséquences, les comportements des populations et la réponse apportée par les secours. Cet item peut être mis en relation avec la simultanéité des évènements.

3.2.3. La simultanéité des évènements déclencheurs

La simultanéité des évènements est également un paramètre aggravant de la crise. Elle peut être conçue de deux manières : la concomitance des sources de danger, et la succession temporelle de deux crises.

La concomitance d'évènements similaires est une des caractéristiques de l'hyper terrorisme. Les attentats de Madrid et de Londres (quatre attentats en même temps et dans quatre lieux différents) ou ceux des Etats-Unis (quatre attentats, à quelques minutes ou quelques heures d'intervalle, sur le même territoire national mais sur des espaces de juridiction différents) illustrent cette problématique. La simultanéité influence la réponse opérationnelle, les secours risquant d'être eux même victimes. L'organisation de crise en est par conséquent déstabilisée. De plus, le délai d'intervention sera plus long et les moyens disponibles en quantités plus faibles.

Certaines crises (inondations de 2002 ; tempêtes de 1999 ; inondations de 2005 – Cf. Chapitre I-) se caractérisent également par une succession de deux phénomènes espacés de quelques jours. Le premier évènement mobilise des secours et le second surprend les gestionnaires (défaut de prévision) et les affaiblit. Lors des inondations de 2005, le second épisode orageux a pris de court les acteurs. Les conséquences n'ont pu être anticipées (deuxième épisode sur un territoire devenu vulnérable suite au premier). La simultanéité d'évènements similaires, espacés de quelques jours, doit être prise en compte pour l'anticipation des conséquences potentielles.

La présence de multiples crises saturent la vision des gestionnaires. L'été 2003 a particulièrement été chargé en évènements multiples : une vague de chaleur sans précédent, une crise sanitaire sans égale, des feux de forêts catastrophiques et une sécheresse importante. L'écran de contrôle devient illisible. De ce fait, les gestionnaires n'ont pas perçu les signaux avertisseurs remontant du terrain.

La simultanéité d'évènements déclencheurs aggrave la crise de par une augmentation de l'ampleur des conséquences et la présence de secouristes parmi les victimes.

3.2.4. La présence d'effet domino ou de sur-accidents

Les attentats du 11 septembre 2001 et l'ouragan Katrina, entre autres, permettent d'illustrer ce paramètre de contingence. Dans le cas des attentats du 11 septembre à New York, le premier évènement déclencheur correspond aux crashes des avions dans les deux tours, le sur-accident, anticipé trop tardivement, coïncide avec l'effondrement des deux tours jumelles. Les sur-accidents dans le cas de l'ouragan Katrina et des inondations de 2002, correspondent aux ruptures des digues et aux inondations des villes qui ont suivies. Dans ces deux cas, les sur-accidents ont augmenté les dommages humains et matériels.

Les effets domino et les sur-accidents sont également des facteurs d'aggravation d'une situation initiale.

3.2.5. Les conditions météorologiques

Le fait qu'un évènement survienne lors de conditions météorologiques défavorables est également un critère de contingence situationnelle. Lors des inondations de 2002 ou des tempêtes de 1999, l'évènement déclencheur était lié aux conditions météorologiques négatives. Mais il est à souligner que ces conditions peuvent entraver l'action des secouristes (impossibilité de décollage des hélicoptères – inondations 2002 et tempêtes 1999). Les conditions atmosphériques entraînent des répercussions sur le niveau sanitaire des populations. L'humidité combinée à une forte chaleur accentuent la décomposition rapide des corps (Katrina, 2005) et la prolifération de maladies infectieuses (Katrina, 2005, inondations 2002).

Au-delà de la cinétique et de l'intensité du phénomène, les acteurs de première urgence doivent donc penser leurs actions en fonction des facteurs de contingence situationnelle. Ces paramètres peuvent potentiellement aggraver les conséquences et affecter la réponse opérationnelle, comme l'illustrent les parties suivantes.

3.3. Les conséquences de ces situations au niveau des communautés

La gravité des conséquences et les réactions des populations sont conditionnées par des facteurs de vulnérabilité sociaux et fonctionnels. En s'appuyant sur les retours d'expérience, cette partie illustre les problématiques humaines, environnementales et matérielles auxquelles les organisations peuvent être confrontées.

3.3.1. Les difficultés humaines

3.3.1.1. L'expérience antérieure face aux crises des populations

Les réactions des populations face à un événement sont dictées par leur niveau de culture du risque. L'occurrence fréquente d'un phénomène favorise la capitalisation des expériences et la prise de conscience du danger. Les populations apprennent à vivre avec le risque, à le reconnaître et intégrer, les procédures et les comportements à tenir lors d'une crise. Ce défaut de culture du risque avait été souligné lors des inondations de 2002. Le dernier événement majeur dans le département du Gard ayant eu lieu en 1958, la mémoire des événements faisait défaut.

3.3.1.2. Les facteurs sociétaux

Une corrélation entre les facteurs sociétaux des populations et la réponse de ces dernières lors d'une crise peut être faite. Les populations défavorisées, ayant des revenus faibles sont les plus vulnérables lors des phases de réponses (évacuation) et de reconstruction (Katrina, 2005). D'autres facteurs sociaux aggravent l'ampleur des conséquences. L'isolement de certaines personnes âgées, dans le cas de la canicule, a largement contribué à l'augmentation du bilan humain. La présence de personnes à mobilité réduite ou médicalement assistées (inondation 2002) influence les interventions des secouristes.

3.3.1.3. Des problématiques liées à des bilans humains lourds

Selon l'ampleur et les pathologies des conséquences humaines, un certain déséquilibre entre les moyens disponibles et les besoins des populations peut apparaître. Les services de santé se retrouvent débordés face à un afflux massif de personnes (AZF, 2001 ; Attentats de Madrid, 2004 ; Canicule, 2003). Lors de l'évacuation préventive et massive de populations, les plans prévus à cet effet sont généralement dépassés par l'ampleur des conséquences. Les évacuations lors de l'ouragan Katrina (plus de 1 million de personnes déplacées) étaient hors normes.

Les crises ont également des répercussions psychologiques sur le long terme. Cinq types d'impacts psychologiques post crises sont définis : le stress post traumatique aiguë (AZF, Katrina), la dépression (AZF, Katrina, Attentats du 11 septembre 2001, 2001), l'agoraphobie (Attentats du 11 septembre 2001, 2001), l'anxiété et la frustration.

La présence d'acteurs de crise (primo-intervenants) parmi les victimes (Attentats du World Trade Center, 2001) diminue la force de réaction, accroît le stress et influence le comportement des autres acteurs.

3.3.1.4. Les comportements des populations

Certains évènements bouleversent les comportements des populations comme l'a démontré l'ouragan Katrina et l'inondation de la Nouvelle-Orléans : scènes de pillage, de violence en direct sur les chaînes de télévision, comportements anti-sociaux. Les acteurs de la sécurité publique se sont trouvés débordés.

Les populations peuvent également exprimer des griefs (Katrina), des mécontentements envers les gouvernements (attentats de Madrid, canicule 2003) et remettre en cause la politique actuelle d'un pays (démission de ministre ou de gouvernement, changement de gouvernement)

L'incivisme d'automobilistes imprudents, s'engageant sur des routes barrées, mettant en péril leur vie et celle des secouristes, est également à noter (inondation 2002 ; inondation 2005).

3.3.2. Le contexte politique et historique en tant que facteur de vulnérabilité

Une autre logique ayant trait au symbolisme de la zone impactée est démontrée à la lecture des attentats terroristes. Les terroristes, au-delà d'un nombre important de victimes, recherchent également l'impact médiatique. Le choix des deux tours jumelles du World Trade Center et du Pentagone comme cibles n'est pas anodin puisqu'elles représentent des lieux de pouvoirs politiques et économiques. Le contexte, qu'il soit géopolitique, culturel ou historique, doit être pris en compte pour évaluer la vulnérabilité d'un territoire à subir des menaces terroristes.

3.3.3. Des difficultés environnementales

Les répercussions sur l'environnement peuvent entraver l'action des secouristes mais également être sources de danger pour les populations. Les eaux rendues impropres par les déversements d'hydrocarbures ou la présence de détritiques (Katrina, Inondation 2002) sont sources de maladies pouvant être contagieuses.

De plus, les déversements de produits toxiques dans l'environnement, créent des conditions d'intervention particulièrement difficiles pour les acteurs nécessitant des équipements spéciaux.

3.3.4. Les réseaux vitaux

Les retours d'expérience de l'explosion de l'usine AZF, des inondations du Gard en 2002, des ouragans Katrina et Rita ou des attentats terroristes, illustrent la problématique de vulnérabilité des réseaux vitaux lors d'une crise, que cela soit pour la phase de gestion immédiate ou sur le long terme.

La rupture ou la saturation des réseaux de communication filaires ou hertziens, pour une durée variable, impactent la diffusion d'information entre acteurs et leur coordination (Tempêtes, 1999 ; AZF, 2001 ; inondations 2002 ; Katrina, 2005 ; attentats 2001 ; attentats 2004). La non détection des défaillances de communication en cellule de crise influence la perception de l'ampleur de la crise (inondation 2002).

Loin d'être exhaustives, les problématiques les plus courantes sont les suivantes :

- saturation ou rupture des systèmes de communication (AZF 2001, inondations 2002, tempêtes 1999) y compris du système satellitaire (Katrina, 2005), ultime recours dans ce type d'évènement ;
- rupture des réseaux électriques, (Katrina - cinq millions de personnes sont restées sans électricité - Tempêtes de 1999, inondation 2002) ;
- pollution des captages d'eaux par un apport de matières polluantes, défaillances des réseaux de distribution des eaux potables et de traitement des eaux usées dues à l'absence d'électricité (Inondation 2002) ;
- dégradation des réseaux routiers ou ferrés (tempêtes, 1999 ; inondations 2002).

Les conséquences diverses sur les réseaux vitaux rendent la tâche des services de secours particulièrement difficile et bouleversent la vie des populations. Par exemple, le Superdome, lieu de rassemblement des populations touchées par l'ouragan Katrina, a dû être évacué du fait d'un manque d'air conditionné combiné à l'absence d'eau potable, créant une atmosphère inconfortable.

3.4. Des problématiques organisationnelles et managériales

Une organisation peut être à la fois créatrice et amplificatrice de crise. Les problématiques récurrentes auxquelles sont confrontées les organisations, les erreurs et les vulnérabilités managériales à l'origine d'une gestion de crise défailante sont mises en exergue. Le point de vue adopté est dynamique afin de couvrir l'ensemble du processus de crise c'est-à-dire, l'amont, la réponse opérationnelle et l'aval des crises.

3.4.1. Les phases de préparation, de planification et d'apprentissage organisationnel.

3.4.1.1. La prévention des risques, la planification des crises : un constat d'échec

Les attentats terroristes aux USA ou en Europe, l'ampleur hors norme de la catastrophe de Katrina et, dans une moindre mesure l'explosion de l'usine AZF ont montré les limites des approches actuelles de prévention et de planification des crises. Les réalités auxquelles étaient confrontés les décideurs ne correspondaient pas aux scénarios de risque établis préalablement. De fait, les plans prévus en amont, faisant partie des routines organisationnelles, étaient inapplicables car dimensionnés pour d'autres scénarios. Les acteurs ont dû improviser de nouvelles procédures et actions dans l'urgence. Toutefois, les plans ont servi de base à la structuration des moyens et à la définition des actions premières à engager.

3.4.1.2. L'expérience antérieure et la connaissance des phénomènes

L'expérience antérieure des décideurs et des acteurs de terrain conditionne les décisions et les actions mises en place lors d'une crise. L'ouragan Katrina illustre le manque de familiarité face à des événements de cette ampleur. En se focalisant sur les menaces de type terroristes, les équipes du FEMA¹³ ont perdu certaines de leurs capacités de réponses (Guihou, 2006). Il en résulte un appauvrissement des réponses d'urgence mises en éveil par l'ouragan. La canicule de 2003 par son caractère surprenant, non connu, inhabituel (Lagadec, 2003) met en exergue l'importance de la connaissance et de l'expérience pour anticiper et gérer une crise.

« ...Contrairement à de nombreux pays étrangers, ce danger était resté largement ignoré en France, sur le plan scientifique et sanitaire ce qui explique une partie du retard constaté au niveau de l'alerte. » (Létard, 2004)

¹³ FEMA : Federal Emergency Management Agency

L'expérience acquise précédemment permet aux acteurs d'acquérir une culture à la fois des événements et du territoire. La dimension territoriale est un paramètre influençant la compréhension des risques et des crises.

Lors de la pollution résultante du naufrage de l'Erika, il a été noté que la région Bretagne, *« mieux préparée car possédant une « culture » de la marée noire acquise à la suite de dix pollutions par hydrocarbures [...] a semble-t-il mieux organisé les opérations (De Richemont, 2000) »*. Les situations passées permettent d'augmenter la résilience des organisations et d'anticiper sur les conséquences possibles et les actions à mettre en place. Il se met en place un système de partage de la connaissance antérieure entre les acteurs (Inondations 2005) *« En 2002, cette zone était inondée, nous avons rencontré ce problème ci, nous devrions anticiper ce fait là, en mettant en place cette action (Inondation 2005) »*.

Au delà de l'expérience antérieure, la connaissance du territoire sur lequel les acteurs interviennent est primordiale. Cet aspect a été noté également pour les tempêtes de 1999. Les acteurs présents en cellule de crise, et sur le territoire, partagent leurs cultures et leurs expériences individuelles pour donner un sens à la situation et mettre en place des actions correctes qui ont été éprouvées dans le passé.

3.4.2. La détection des signaux avertisseurs et l'alerte des populations

La période d'incubation pendant laquelle les premiers signes d'une crise apparaissent est souvent négligée par les organisations, soit par un manque de système de détection et de réception des alertes, soit par des erreurs managériales.

Le premier type de cause peut être illustré par le cas du Tsunami en Asie 2004. Des scientifiques américains ayant détecté le séisme au large de l'Indonésie ont tenté d'alerter leurs homologues des pays concernés mais sans succès, faute d'un réseau officiel d'alerte aux catastrophes naturelles dans cette région du globe. Les populations ont été prévenues cinq minutes avant l'arrivée du tsunami sur les côtes de Banda Aceh, via une chaîne de télévision, les autorités indonésiennes ayant été prévenues quelques minutes plus tôt (Lavigne, 2006)

A contrario, dans le cas de la canicule de 2003, les premiers signaux avertisseurs avaient été émis dès le mois de juillet (soit 3 semaines avant le début de la canicule). Ces informations renseignaient sur la potentialité d'un phénomène exceptionnel et sur la saturation des services hospitaliers. Ces signaux n'ont pas été pris en compte du fait d'un cloisonnement administratif et d'un manque de connaissance sur ce type de phénomène ce qui a entraîné un cheminement lent de l'alerte auprès des populations.

La non prise en compte des signaux avertisseurs a une répercussion sur l'anticipation et la mobilisation des moyens. Pour reprendre l'exemple de la canicule, la mobilisation des moyens a été tardive, insuffisante, inadaptée et désordonnée au niveau national (Létard, 2004). Lors d'une crise à grande échelle, les acteurs sont nombreux et dispersés (Lalande, 2003). A contrario, la mobilisation des acteurs de terrain a été efficace particulièrement dans les structures hospitalières. Les acteurs au plus proche du danger peuvent être assimilés à des tireurs de sonnette d'alarme.

3.4.3. La mobilisation des moyens et la réponse opérationnelle.

Lors de la phase de réponse, les acteurs sont confrontés à des problèmes d'ordre technique, informationnel et communicationnel.

3.4.3.1. De nombreux problèmes techniques

- L'évacuation des sinistrés : lors de l'ouragan Katrina, 400 000 personnes ont dû être évacuées soit par des moyens nationaux, en capacité limitée soit par leur propre moyen. Les accès aux transports ont été inégaux du fait des facteurs sociaux cités précédemment. Ces personnes non évacuées ont été accueillies dans des centres d'hébergements. Face à des évacuations de grande ampleur, les secours se retrouvent pris de court et en déséquilibre par rapport aux besoins engendrés par la situation.

- Des moyens inadéquats : des problèmes peuvent provenir de matériels non adaptés à la situation tel que les défauts d'Appareil Respiratoire Isolant (Accident du tunnel du Mont Blanc, AZF, 2001)

- Des structures dédiées à la crise non adaptées ou détériorées : les structures de crise (centres de crise, moyens de secours) peuvent être détruites ou in-opérationnelle lors d'une situation exceptionnelle, complexifiant davantage la coordination et la réponse des organisations (Attentats du 11 septembre 2001, inondation 2002). Selon la localisation de la crise, les postes de commandement sont installés sommairement et ils ne disposent pas de leurs propres moyens de communication (Accident du Mont Blanc, 1999 ; AZF, 2001).

Au-delà de ces aspects techniques, les principales difficultés mises en exergue au travers de ces retours d'expérience concernent le partage des informations et la coordination des acteurs. Ces deux aspects font l'objet de la partie suivante

3.4.3.2. Des problèmes d'information, de communication et de coordination.

Ces trois items sont indissociables et doivent être traités de manière globale. Les problématiques liées aux informations sont récurrentes. Les divers REX soulignent des difficultés de remontée de l'information, un manque de données pour prendre des décisions et mettre en place des actions, des informations contradictoires et difficiles à interpréter, des informations fausses...

Une défaillance du processus informatif et de communication se répercute sur le processus de décision et sur les actions entreprises tels que :

- des difficultés pour dimensionner les dispositifs humains (cellule de crise) et matériels (tempêtes 1999) ;
- des problèmes de coordination entre les différentes parties prenantes (Accident du Mont Blanc, 1999 ; Attentats du 11 septembre 2001 ; AZF, 2001 ; Canicule, 2003 ; Inondation 2002, Naufrage de l'Erika, 1999) ;
- des confusions dans les informations ;
- des difficultés de perception de l'ampleur et de la gravité de la situation (inondation 2002 ; Tempêtes de 1999, 2002 ; Katrina, 2005) ;
- des incertitudes quant à l'évolution du potentiel danger de l'évènement déclencheur et des conséquences (AZF, 2001 ; Inondations, 2002 ; Tsunami, 2004, Attentats de Madrid, Londres et du 11 septembre 2001).

3.4.3.3. De nouvelles procédures dans l'urgence ou comment improviser ?

Lorsque les plans d'urgence classiques ne permettent pas de répondre de manière adéquate à la situation, les organisations doivent développer, dans l'urgence, de nouvelles procédures. Les acteurs peuvent être pris au dépourvu du fait de facteurs de contingence relatifs à l'évènement déclencheur, et improvisent de nouvelles stratégies.

Lors de l'incendie du tunnel du Mont Blanc, les acteurs ont redéfini, dans l'urgence, de nouvelles stratégies afin de venir en aide aux secouristes pris au piège. Les acteurs changent leurs équipements, leurs outils habituels ou la localisation de certaines actions afin de composer avec la situation. Lors de l'explosion de l'usine AZF en 2001, la localisation du PMA a été modifiée par rapport à celle inscrite dans le plan rouge du fait de la nature (nuage toxique, ampleur des dommages) de l'évènement déclencheur et de la convergence spontanée des victimes en certains points clés de la ville de Toulouse. De nouvelles stratégies ont été improvisées par les secouristes pour s'adapter à la situation.

La crise requiert de développer de nouveaux rôles et de nouvelles missions. Certaines structures ou individus sont projetés sur le terrain de la crise or l'urgence ne fait pas partie de leurs missions de routine. Ils composent un nouveau rôle dans le but de venir en support aux organismes d'urgence.

Conclusion - Synthèse

En s'appuyant à la fois sur l'approche événementielle et l'approche processus, les analyses des retours d'expérience font ressortir plusieurs concepts clés utiles à la définition des crises.

Les facteurs de contingence de l'environnement (localisation, moment de survenu, simultanéité des événements, effet domino et conditions météorologique) conditionnent à la fois la gravité des conséquences et la réponse mise en place par les organisations.

L'ampleur et la gravité des conséquences sur les hommes, l'environnement et les biens matériels sont conditionnées par la présence de facteurs de vulnérabilité au sein des communautés.

L'impact des réseaux vitaux perturbent à la fois les hommes mais également la réponse des organisations.

Les organisations peuvent être perturbées. Elles doivent faire face à de multiples défaillances d'ordres humains, techniques et managériaux. Loin d'être statique, la crise évolue sous l'action de ces facteurs aggravants, pour conduire à des situations extrêmes qualifiées de grande ampleur. Les pratiques actuelles de prévention et de planification ne permettent plus de répondre de manière aussi optimale aux exigences de ces situations. Les organisations improvisent de nouvelles stratégies pour résoudre la situation. Face à ce constat, quelles voies d'améliorations s'offrent aux décideurs ?

Chapitre 4

Comment améliorer la gestion des crises ?

Il n'y a qu'une façon d'apprendre, c'est par l'action.

Coelho P., *L'alchimiste*

-
- 4.1. Le concept de résilience
 - 4.2. Améliorer la prévention et la planification des crises
 - 4.3. Améliorer l'apprentissage organisationnel
-

Introduction

Les retours d'expérience établissent bien souvent les mêmes observations : des problèmes d'ordre technique comme la rupture des réseaux de communication, d'électricité ; des défauts de communication ; des problèmes de circulation de l'information ; des défaillances du processus de décision ; des plans d'urgence non adaptés ; des signaux avertisseurs non détectés. Certains de ces paramètres sont propres aux conséquences engendrées par la gravité de l'évènement déclencheur sur lesquelles l'homme ne peut agir. La deuxième catégorie concerne des facteurs aggravants propres à la gestion de la crise.

Plusieurs interrogations émergent. Pourquoi ces problématiques persistent-elles malgré les ressources investies dans la planification, la préparation et les retours d'expérience ? Comment diminuer la vulnérabilité des organisations et des communautés vis-à-vis d'une crise ? Pourquoi les organisations n'apprennent-elles pas de leurs erreurs ? Comment améliorer la gestion des crises ? La notion centrale de ces questions est le concept de résilience.

4.1. Le concept de résilience

La résilience, face aux désastres ou aux crises, correspond à la capacité intrinsèque d'un système, d'une communauté et d'une organisation à recevoir un choc ou à l'éviter, à s'adapter et à survivre par une reconstruction des structures et un changement de quelques attributs (Dauphiné, 2001 ; Roux-Dufort, 2003 ; Manyena, 2006). Elle est définie comme l'inverse de la vulnérabilité (Cardona, 2003). Ainsi, augmenter la résilience revient à diminuer la vulnérabilité d'un système.

Dans une logique d'amélioration de la gestion et de l'évitement des crises, ce concept semble particulièrement intéressant. Comment augmenter la résilience des organisations ?

Une organisation augmentera sa résilience en agissant à la fois sur (Weick, 1993, Wybo, 2004 ; Mendonça, Comfort, 2001 ; Aguire, 2006) : la préparation, le développement d'une culture des risques et des crises au sein des organisations, l'improvisation, les systèmes des rôles virtuels (simulation), la sagesse comme attitude, l'interaction respectueuse et l'apprentissage organisationnel.

En s'appuyant sur les différentes phases de la gestion de risques et des crises, les sources d'augmentation de la résilience organisationnelle sont analysées.

4.2. Améliorer la prévention et la planification des crises

Au regard des crises passées, les approches pro actives atteignent actuellement leurs limites. Des points de tension entre les idéaux de la préparation aux crises et la réalité se manifestent (Mc Connell, 2006) (Cf. Tableau 13). En effet, les caractéristiques des crises (incertitude, complexité, menace élevée) ne sont pas intégrées en amont, dans les plans d'urgence.

Tableau 13 : Réalité de la crise versus réalité de la planification actuelle (Mc Connell, 2006).

Réalité de la crise et besoins	Préparation actuelle – constat
Fort potentiel d'impact des crises	Priorité pour la gestion des urgences (approches réactives)
Incertitude et désordre des crises	Planification et d'ordre
↓	
Besoin d'une approche intégrée pour la gestion	Fragmentation des institutions
Besoin d'une planification active et rapide	Rapidité symbolique, difficulté de mobilisation de l'ensemble des acteurs

Pour combler ce défaut, les organisations gestionnaires ont besoin d'approches innovantes et réformistes pour répondre aux nouvelles exigences de la crise (Robert, 2003 ; McConnell, 2006). Comme le souligne Lagadec (2003), il faut penser de manière systémique, être préparé à l'impensable, à l'imprévisible, à l'imprévu selon une logique transfrontalière. « L'objectif n'est pas de prévoir l'impensable mais d'être préparé à l'impensable (Lagadec, 2003) ».

4.2.1. Introduire de la créativité dans les analyses de risques, des menaces et des vulnérabilités territoriales.

Pour s'adapter aux nouveaux types de crises, les gestionnaires doivent intégrer de la créativité lors de l'analyse des risques. Ceci passe par l'intégration, dans les scénarios, des nouvelles menaces et de l'ensemble des conséquences possibles, des vulnérabilités des systèmes techniques (conception, processus, équipements, matériels) et des réseaux vitaux. Les analyses de risques, au-delà de l'aspect technique des risques, devraient inclure de manière formelle le rôle de l'organisation en tant que cause.

4.2.2. Prendre en compte les vulnérabilités organisationnelles

L'augmentation de la résilience passe par la mise en évidence des facteurs de vulnérabilité organisationnelle pouvant être à l'origine ou contribuant à créer une crise. Pour se faire, en se basant sur des approches systémiques, les configurations organisationnelles (composantes et interactions) en phase de routine et en phase d'urgence devront être analysées. Ainsi, cette vision globale offrira la possibilité aux décideurs de définir de nouvelles normes et pratiques permettant de diminuer leur vulnérabilité et ainsi augmenter leur résilience. De plus, ils auront à leur disposition un état des lieux complet de leur organisation qu'ils devront partager avec l'ensemble des acteurs dans le but de développer une culture des crises.

La phase de préparation doit inclure une identification des vulnérabilités de l'organisation, le développement des capacités de réponse, le test des procédures et l'apprentissage. Au niveau technique, l'identification des vulnérabilités et la compréhension de la complexité de ces systèmes permettraient d'éviter la présence de facteurs techniques.

4.2.3. Flexibilité et improvisation dans la planification

La mise en défaut des plans est un fait. Ces derniers sont conçus pour répondre à des situations connues au préalable or la crise instaure une réalité tout autre. Il est en effet difficile de prévoir l'étendue des problèmes auxquels seront confrontés les décideurs. Pour contrer la mise en défaut des plans, certains auteurs préconisent d'augmenter la flexibilité (Baker, 2007) des plans en introduisant entre autre de l'improvisation afin d'anticiper les crises (Chelariu, 2002 ; Webb, 2004. Wybo, 2004 ; Mendonça, 2007). En effet, l'établissement de ces plans permet de donner un cadre de référence sur lesquels les acteurs vont pouvoir se baser pour proposer une solution adaptée à la situation.

L'improvisation correspond à la capacité des acteurs à créer et à proposer de nouveaux rôles, de nouvelles actions et de nouvelles procédures qui n'avaient jusqu'alors jamais été utilisés. Elle peut être vue comme une forme de déviation des pratiques existantes et des connaissances déclenchée par la nouveauté, la dynamique de l'environnement et le niveau de cohérence dans le groupe (Chelariu, 2002). L'improvisation requiert une évaluation continue des activités et des résultats car, lors d'une situation de crise, elle se basera essentiellement sur les expériences antérieures c'est-à-dire sur la mémoire organisationnelle. Mais lorsque cette mémoire collective fait défaut, l'improvisation sera avant tout individuelle. A terme, l'introduction de l'improvisation dans la planification et le management des organisations en situation permet d'augmenter la résilience organisationnelle (Weick, 1993)

Cette activité cognitive crée de la flexibilité dans le processus de décision et de gestion au sein des organisations. Plus particulièrement, une réflexion multi-événements au détriment d'une réflexion uni-risque génère de la souplesse dans la planification (Quarantelli, 1998-b ; Perry, 2003 ; Webb, 2006). Cette ouverture propose aux organisations une multitude de conséquences et donc d'actions envisageables, le tout alimenté par le retour d'expérience. Ce décloisonnement des pratiques offrira aux acteurs une source de connaissances supplémentaires pour augmenter leur résilience.

4.3. Améliorer l'apprentissage organisationnel

L'apprentissage se situe à deux niveaux : au niveau individuel et au niveau collectif ; le premier étant une condition nécessaire mais non suffisante au second.

4.3.1. L'apprentissage organisationnel

L'acte d'apprendre implique la détection et la correction d'erreurs (Argypis, 1978, 1985). C'est avant tout un processus de transformation des expériences acquises en compétences, qui s'initie lors de la remise en cause des référentiels ; les individus découvrent des écarts entre leurs intentions et les conséquences de leurs actions. L'apprentissage doit également permettre aux individus d'effectuer des transformations profondes des comportements.

Mais les organisations apprennent en adaptant leurs actions, sans remettre en cause leurs principes fondamentaux. Plusieurs contraintes les empêchent d'apprendre (Sagan, 1993 ; Lagadec, 1997 ; Chourlarton, 2001 ; Fauchart, 2006) : le retour sur la réalité est toujours ambigu, les ajustements post-événement se font sous couvert de blâmes, la recherche de fautes obscurcit les analyses situationnelles, les défaillances organisationnelles restreignent les échanges d'information, la structure même de l'évènement (causes réelles non identifiées) limite le processus d'apprentissage.

L'apprentissage du savoir-faire et l'amélioration des pratiques de gestion de crise (préparation) reposent sur la formation technique des acteurs afin de répondre à des situations connues, définies en amont dans des scénarios de risques en appliquant des plans codifiés. Or ce système d'acquisition des savoirs trouve actuellement ses limites du fait des nouvelles exigences des crises citées précédemment. Quelles sont alors les nouvelles voies s'offrant aux organisations ?

4.3.2. Des exercices et des simulations

La préparation peut s'appuyer sur la simulation de crise. Ces techniques revêtent de nombreux avantages (Boin, 2004, Mendonça, 2007 ; Crichton, 2001, Kincaid, 2003 ; Kanno, 2006, a ; Bruisma, 2006). De part les avancées techniques, une grande variété de crises et d'environnements de crises ainsi que leurs dynamiques, sont reconstitués. Elles aboutissent à des évaluations des plans et des pratiques, une identification des faiblesses et des qualités des organisations. Elles permettent, entre autre, aux individus n'ayant vécu aucune crise de se former et de prendre conscience des réalités de la crise et d'améliorer ainsi les processus de prise de décision, les communications et la coordination entre les acteurs.

L'utilisation de la simulation pour améliorer l'efficacité des acteurs lors de la gestion de crise n'est plus à démontrer. Mais, pour être efficiente, la simulation doit intégrer des scénarios crédibles et variés afin de confronter les organisations à l'inimaginable (Lagadec, 1997). Les caractéristiques des crises futures ainsi que les dynamiques (enchaînement des facteurs aggravants et défaillances organisationnelles) devront trouver leurs places. Les scénarios retenus incluront les connaissances tacites des acteurs qui auront été recueillies au préalable, lors des retours d'expérience. De plus, l'introduction de l'improvisation, de la flexibilité et de la créativité se fera selon sept caractéristiques techniques (Mendonça, 2007) :

- mettre en évidence les zones d'ombre en permettant aux participants d'observer les processus de communication et de décision des autres participants ;
- stopper et recommencer le processus afin de s'assurer que les directives sont comprises et assimilées ;
- répéter autant de fois que possible les simulations ;
- examiner les situations antérieures afin de réfléchir aux actions ayant pu être mises en place ;
- introduire des erreurs afin de contraindre le participant à développer de nouvelles heuristiques et routines. ;
- augmenter les scénarios en intensité ;
- apprendre un répertoire de comportements.

Armés de ces concepts, les acteurs pourront improviser lorsque la crise l'exige c'est-à-dire lorsque les plans ne pourront être appliqués.

Cette expérience acquise via la simulation se transformera en connaissance lors du processus d'apprentissage. Or il semble important de guider ce processus via un partage du vécu, du ressenti de chacun, afin de faire émerger à la fois les connaissances tacites, les connaissances explicites des participants ainsi que leurs représentations de la situation (Alexander, 2004). La simulation permet également aux décideurs de matérialiser leur processus de décision et plus particulièrement le décalage existant entre l'acte de décider et d'agir (Tremblay, 2007). A

terme, l'écart existant entre le réel, inscrit dans les plans, et la réalité de la crise simulée, émergera.

4.3.3. Les retours d'expérience

La deuxième source d'apprentissage correspond à la pratique des retours d'expérience. En effet, le préalable à l'apprentissage est la détection d'erreurs. Or, les mêmes constats après une crise, sont toujours établis. Cette récurrence des problématiques, proviendrait à la fois d'une non prise en compte des recommandations mais également d'une pratique du REX se focalisant essentiellement sur les conséquences et non sur le vécu des acteurs.

En effet, les échecs et les dysfonctionnements intervenus lors d'une crise sont analysés sous l'angle de la rationalité, du côté technique et analytique. Les experts cherchent à répondre au comment la situation s'est déroulée, qu'elles en ont été les conséquences et les répercussions économiques et sociales dans la société, pourquoi les conséquences ont été si importantes sans rechercher les facteurs organisationnels et le pourquoi du déroulement. Les retours d'expérience ne prennent pas en compte la totalité de la réalité de la crise car ils délaissent le vécu humain et les représentations que se sont forgées les acteurs. La crise est avant tout humaine et les retours d'expérience ne retiennent bien souvent que l'aspect technique.

La pratique du retour d'expérience peut être améliorée en intégrant une vision dialectique des conséquences, c'est-à-dire, en incluant à la fois une analyse rationnelle et une analyse humaine. Pour se faire, une description précise de la dynamique de crise reposant sur l'identification des incidents des signaux avertisseurs et des facteurs aggravants doit être menée (Cooke, 2003). La connaissance tacite des décideurs et des hommes de terrain, ainsi que les représentations individuelles et collectives de la crise, en fonction de leurs référentiels et de leurs systèmes de représentation symbolique sont à intégrer (Tremblay, 2007). De plus, l'étude des interactions entre les organisations lors de la gestion de la crise apportera une compréhension des dysfonctionnements de coordination (Therrien, 1995 ; Granot, 1997 ; Smith, 2000)

Les processus de décision, *a posteriori*, doivent également être analysés en vue de dégager les bonnes pratiques et les défaillances. Le retour d'expérience ne doit pas être considéré comme la recherche à tout prix d'un bouc émissaire mais comme un outil d'amélioration continue des pratiques organisationnelles permettant de remettre l'homme au centre du processus de crise.

Conclusion - Synthèse

La crise, au-delà des aspects négatifs, est une occasion de solidarité, d'entraide, de renouveau, de réforme, de réflexion au travers de projet de recherche et de remise en question des pratiques de gestion. L'amélioration de la gestion des crises se fait de manière continue, en introduisant d'une part, de la flexibilité et de la créativité dans les scénarios de risque et de crise, et d'autre part, en procédant à une analyse des vulnérabilités latentes des organisations. De plus, les acteurs doivent apprendre à se connaître afin de partager leurs savoirs, leurs référentiels d'actions et développer ainsi un langage commun et, à terme, une culture partagée des crises. La simulation et les retours d'expérience sont des moyens de perfectionnement avantageux à la seule condition que le vécu de l'homme côtoie l'aspect rationnel et analytique des crises. La connaissance à la fois des risques et des crises, et de leur propre organisation est gage d'amélioration des pratiques de gestion des crises et d'augmentation de la résilience. Afin d'avoir une vision complète des réalités de la crise, les acteurs doivent s'appuyer également sur les comportements émergents au sein des populations et des actions développées par ces dernières pour limiter les effets d'une crise. La connaissance du territoire par les populations locales est une source d'information précieuse pour les acteurs.

Afin d'aider les acteurs à percevoir et reconnaître une situation comme telle, la partie suivante s'attache à modéliser et à évaluer, selon une approche systémique, le processus conduisant à l'émergence des crises. Sur la base d'un modèle de crise, un système de veille stratégique du territoire, dont l'objectif est d'apporter une aide à l'anticipation et à la gestion des crises, est défini.

Partie II : Définition d'un système d'aide à la décision pour anticiper et gérer des crises de grande ampleur

Chapitre 5

Les crises de grande ampleur : Définition et approche systémique



Quino, *L'intégrale de Mafalda*

-
- 5.1. La crise de grande ampleur – définition
 - 5.2. Représenter la crise selon une approche systémique
 - 5.3. Evaluation des modèles
 - 5.4. Le système de veille stratégique du territoire : définition et objectifs
-

Introduction

En se basant sur les apports exposés précédemment, le chapitre 5 formalise la notion de crise de grande ampleur. Après avoir défini les caractéristiques de ces situations, cette partie donnera lieu à une modélisation selon une approche systémique. Afin d'évaluer le processus de crise selon une logique de gestion, la troisième section sera consacrée au ciblage des informations.

5.1. La crise de grande ampleur – Définition

En s'appuyant à la fois sur la vision événementielle et la vision processus, les crises de grande ampleur résultent de la perturbation d'un territoire initialement vulnérable par un événement déclencheur endogène ou exogène à ce dernier. Le potentiel danger initiateur est suffisamment élevé pour engendrer des conséquences humaines, environnementales et matérielles dramatiques. Les organisations sont à la fois déstabilisées par l'ampleur et la complexité des besoins auxquels elles doivent répondre, mais également par la présence de vulnérabilités latentes les empêchant d'agir adéquatement à la situation (Dautun, 2006).

De plus, elles doivent composer avec de multiples facteurs aggravants d'ordres techniques, humains et managériaux. Ces paramètres détériorent le contexte d'action et amplifient la situation vers une situation extrême qualifiée de grande ampleur.

Trois conditions sont nécessaires au développement des crises de grande ampleur :

- un territoire, composé d'enjeux et d'acteurs du risque, initialement vulnérable ;
- un ou une série d'événements déclencheurs d'origine naturelle, industrielle ou terroriste ;
- la présence de facteurs aggravants techniques, humains et managériaux.

La crise de grande ampleur met en éveil des vulnérabilités humaines, environnementales et matérielles latentes, présentes sur le territoire et au sein des organisations ; ces dernières participant à l'apparition d'un événement déclencheur, et à l'augmentation de son impact sur les sociétés.

Les gestionnaires de crises s'interrogent sur la manière d'éviter ou d'atténuer les conséquences de ces situations extrêmes. Mais à partir de quel seuil, une situation donnée est-elle une crise ? Pour répondre à ces attentes, cette étude propose de modéliser, au travers d'une approche systémique, le processus conduisant aux situations de crise afin de mettre en place un système d'aide à la décision permettant d'anticiper les crises de grande ampleur et de détecter le seuil d'amplification.

5.2. Représenter la crise selon une approche systémique

La crise est un système complexe (Morin, 1976 ; Deschamps, 1996) qu'il est nécessaire de comprendre pour le gérer. D'autres disciplines telles que la cybernétique, la biologie, etc. (De Rosnay, 1975 ; Faisandier, 2005) s'appuient sur le paradigme systémique pour appréhender les systèmes complexes afin d'une part, de les modéliser et d'autre part, de les analyser, afin d'acquérir des connaissances suffisantes pour agir.

5.2.1. Le paradigme systémique

5.2.1.1. Le premier niveau d'abstraction : le système

Le concept de base de l'approche systémique est le système. Ce dernier correspond à la représentation d'un objet ou d'un projet, construite par un observateur et jugée pertinente face à une situation perçue comme complexe. Le système intègre les différentes logiques d'acteurs et les différents niveaux d'interactions (Aloui, 2007).

La démarche systémique propose de considérer globalement la situation et ses acteurs, comme un système dont les parties ne peuvent être isolées de l'unité à laquelle elles appartiennent et doivent être considérées comme ouvertes sur leur environnement.

La construction de la représentation du système est définie par une procédure de systémographie, plus précisément par une procédure de conception de modèles des phénomènes perçus comme complexes, en le représentant délibérément comme et par un système général (Le Moigne, 1977). La systémographie se décompose en trois phases que sont *le cadrage* (construction par isomorphie¹⁴ - de même forme - avec un système général), *le développement* (correspondance homomorphique¹⁵ du modèle avec les traits perçus du phénomène) et *l'interprétation* (simulations d'actions possibles sur le modèle pour anticiper les conséquences éventuelles dans les phénomènes) (Le Moigne, 1977) (Cf. Figure 10).

¹⁴ *Isomorphie* : Correspondance bijective telle qu'à tout élément d'un ensemble d'arrivée (le modèle) correspond un élément et un seul de l'ensemble de départ (l'objet).

¹⁵ *Homomorphisme* : Correspondance surjective telle qu'à tout élément de l'ensemble d'arrivée (le modèle) correspondent un élément au moins de l'ensemble de départ (l'objet), sans que la réciproque soit vraie.

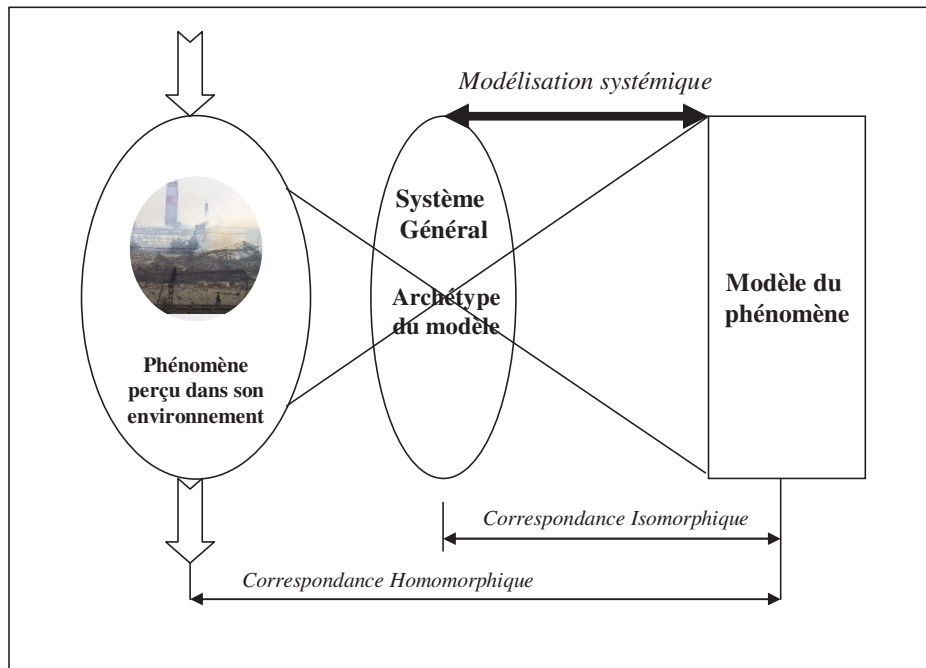


Figure 10 : *Systémographier un phénomène complexe non identifiable (Le Moigne, 1977)*

Ainsi, le modélisateur procède par isomorphie et homomorphie avec les propriétés de l'archétype de modèle qu'est le système général représenté figure 11.

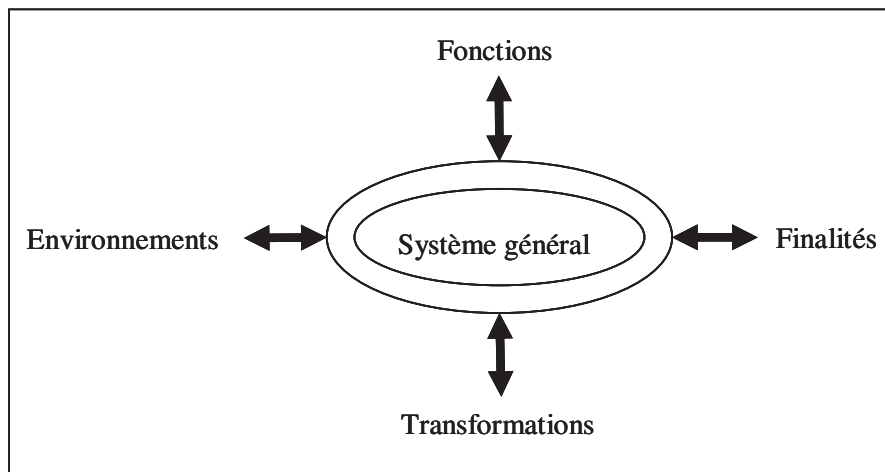


Figure 11 : *Forme canonique du système général (Le Moigne, 1977)*

La crise est donc un système complexe que l'on cherche à appréhender. En effet, la variété des éléments, de leurs comportements et de leurs interactions augmente la difficulté à comprendre et analyser le système. La systémique offre le moyen de réduire cette complexité,

tant pour permettre une meilleure compréhension que pour conduire une analyse efficace. Les connaissances du système sont organisées en suivant les différents niveaux de modélisation présentés en figure 12.

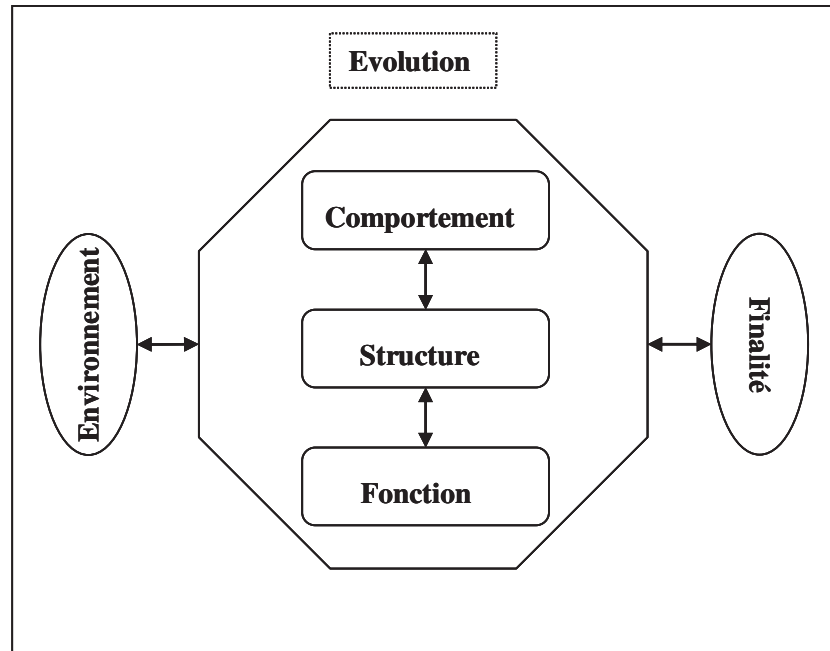


Figure 12 : *Les différents niveaux de modélisation (Le Moigne, 1977)*

Les trois niveaux de modélisation se décomposent comme suit :

- 1) niveau fonctionnel : ce que fait le système au contact de son environnement ;
- 2) niveau structurel : l'ensemble des organes dont l'agencement est le produit d'une organisation ;
- 3) niveau comportemental : la dynamique du système.

Après avoir identifié le système grâce au premier niveau, il est nécessaire d'aller plus loin et d'intégrer le second niveau d'abstraction permettant de définir le modèle.

5.2.1.2. Le second niveau d'abstraction : le modèle

Un modèle est l'image d'un système. Il est construit selon une intention particulière afin de répondre à des questions sur le système modélisé (Bézivin, 2001). Selon Naslin (1974, in Aloui, 2007), « un modèle d'un phénomène ou d'un processus est essentiellement un mode de représentation tel qu'il permette, d'une part, de rendre compte de toutes les observations faites et, d'autre part, de prévoir le comportement du système considéré dans des conditions plus variées que celles qui ont donné naissance aux observations. ». En effet, le modèle est réalisé

afin de se comporter de manière identique au système réel (Cf. Figure 13). Il représente alors un support de base pour le raisonnement. La modélisation nécessite de disposer d'un modèle défini par un formalisme, des règles d'écriture (syntaxe) et des règles d'évolution (sémantique opérationnelle).

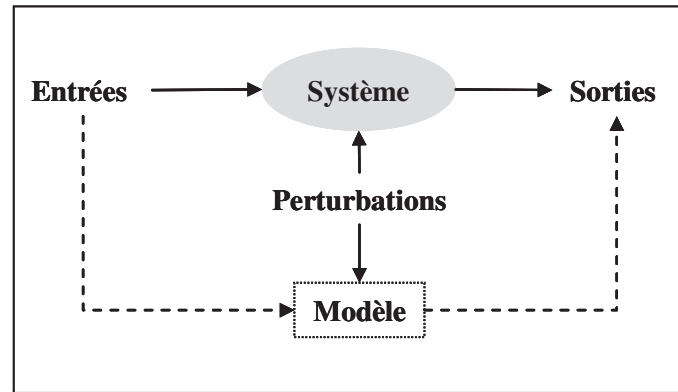


Figure 13 : Représentation d'un modèle

Différents types de modèles existent selon l'objectif et l'usage attendu du modèle, le degré de formalisation et de structuration des connaissances. (Chapurlat, 2007 ; Aloui, 2007) (Cf. Tableau 14).

Tableau 14 : Les différents types de modèles (Walliser, 1977, Chapurlat, 2007 ; Aloui, 2007)

Types de modèle	Modèle cognitif	Modèle normatif		Modèle prédictif ou prospectif	
		Modèle prescriptif	Modèle construct	Modèle formel	Modèle analytique
Usages des modèles	Analyser Comprendre Identifier l'environnement Explorer Simuler Valider les concepts opérationnels.	Formaliser le problème et les besoins ; Prescrire les exigences	Construire les architectures fonctionnelles et physiques	Prévoir Valider Prouver des comportements Simuler	Estimer les performances, la fiabilité et la sûreté de fonctionnement Simuler.
Objectifs du modèle	Fournir une représentation d'un système existant qui mette en évidence les propriétés intéressantes de ce système	Fournir une représentation d'un système à créer qui mette en évidence les propriétés souhaitées de ce système		A partir des connaissances que l'on a d'un état d'un système, déduire son comportement dans des situations nouvelles	

Une situation perçue comme complexe ne peut être directement analysée sans détruire sa compréhension. En effet, la complexité induit une représentation non exhaustive du système

puisque une grande partie de ses propriétés ne peuvent être décrites. L'approche systémique permet donc de réduire la complexité en construisant un modèle.

Le système général permet de percevoir le phénomène de crise dans son environnement. Le second niveau d'abstraction propose des modèles permettant une représentation de la crise. Ce travail s'appuiera sur le modèle de type cognitif puisque le but visé est de fournir une représentation de la crise afin de mettre en évidence les propriétés et les paramètres qui conditionnent l'émergence de ces situations.

5.2.2. Représentation du système global de crise : de l'état initial à l'état de crise.

Les processus conduisant à une crise et les dynamiques de ces situations sont perçus de manières différentes par les acteurs. Dans l'objectif de créer une représentation commune de cette situation et ainsi définir des stratégies de gestion, la réalité de la crise peut être modélisée en s'appuyant sur le paradigme systémique. La représentation générale ou image de la crise (Cf. Figure 14) postule deux états : l'état initial et l'état de crise, chacun pouvant également être modélisé indépendamment. Ainsi, trois niveaux de compréhension sont envisagés :

- le système dans la globalité (modèle 1) ;
- l'état initial (modèle 2) ;
- l'état de crise (modèle 3) ;

5.2.2.1. Le système global de crise : premier niveau de représentation (modèle 1)

Le système global de crise, en se basant sur l'apport conjoint des approches de type événement et de type processus, représente l'occurrence d'une crise. Ce modèle est représenté par la figure 14.

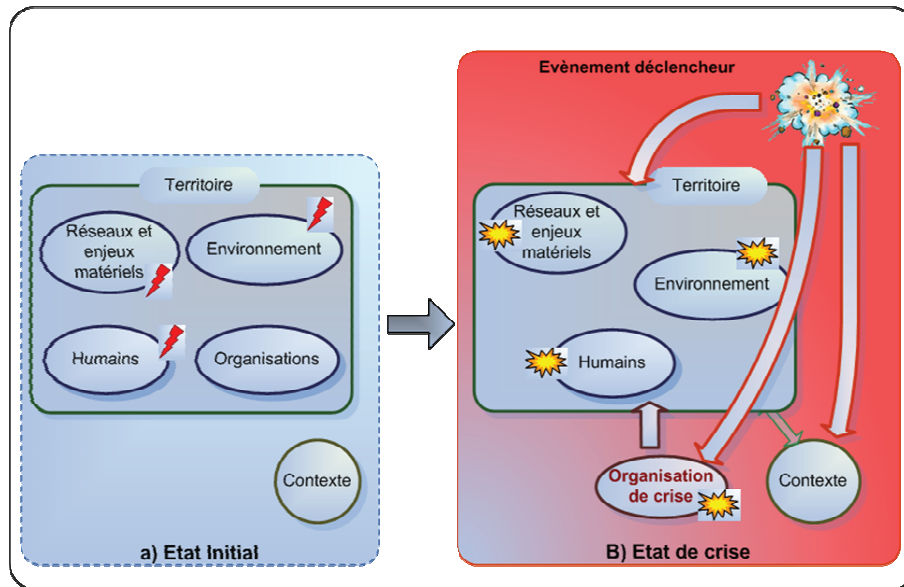


Figure 14 : Modèle du système global de crise

En s'appuyant sur l'approche systémique, la finalité du système globale, sa structure et son comportement sont définis (Cf. Tableau15).

Tableau 15 : Synthèse des trois niveaux de modélisation pour le système de crise

Système global	
Niveaux de modélisation	
<i>Structure</i>	2 sous-systèmes - Etat initial - Etat de crise
<i>Comportement</i>	Evolution par perturbation de l'état initial vers 4 états possible : - Incident - Accident majeur - Crise conventionnelle - Crise de grande ampleur
<i>Fonction</i>	Pas de finalité à part entière hormis tendre vers le chaos

Le système global de crise est composé de deux sous systèmes que sont l'état initial (partie gauche de la figure 14) et l'état de crise (partie droite de la Figure 14) résultant d'une perturbation. L'état initial du système correspond à la phase de fonctionnement normal, plus précisément les phases amont des crises (phases de prévision et de planification). A la suite de l'occurrence d'un évènement déclencheur, cet état primaire est perturbé et évolue vers quatre états possibles que sont :

- 1) l'incident ;
- 2) l'accident majeur ;
- 3) la crise conventionnelle ;
- 4) la crise de grande ampleur ;

chacun étant défini en fonction de l'intensité de trois critères que sont 1) le potentiel danger de l'évènement déclencheur et de la gravité des conséquences, 2) la quantité de facteurs aggravants et la capacité de réaction des organisations, et 3) le niveau de vulnérabilité initiale du territoire. Ces quatre états sont représentés selon l'intensité des trois critères. (Cf. Figure 15). Selon la combinaison de ces trois dimensions, 8 situations sont définies.

Les incidents ou presque accidents

Les incidents apparaissent à la suite de l'occurrence d'un potentiel danger peu élevé. Les conséquences sont minimales du fait d'une vulnérabilité du territoire faible. Les organisations, de par un haut niveau de résilience et de fiabilité, réagissent promptement.

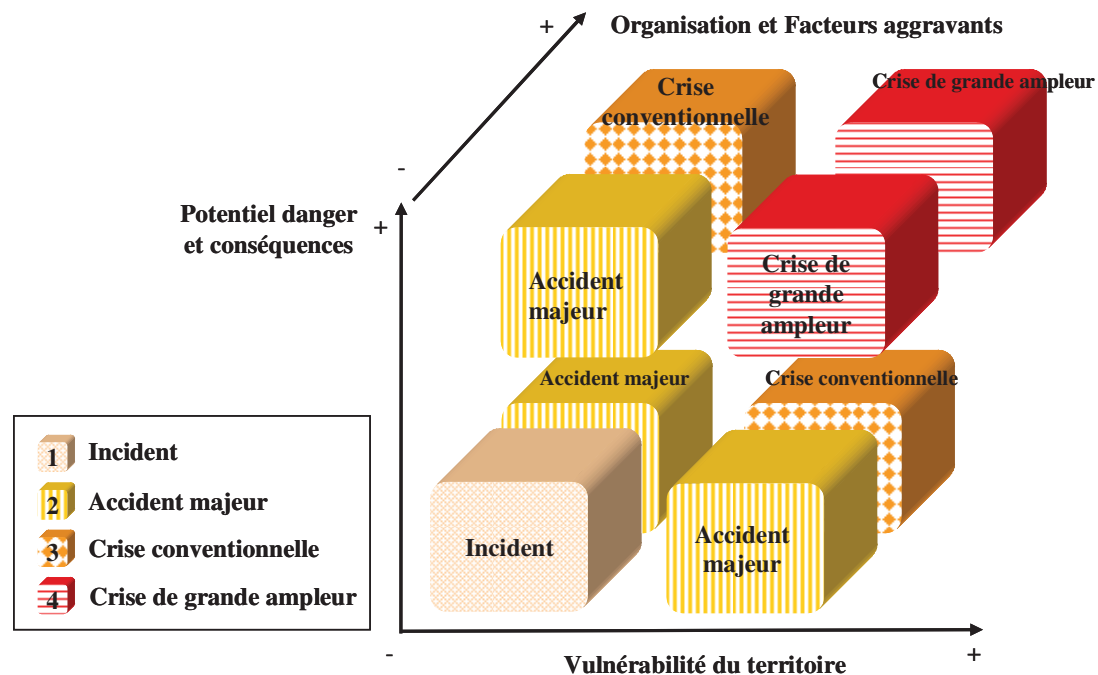


Figure 15 : Les quatre comportements du système global de crise

Les accidents majeurs ou situations accidentelles

Le deuxième cas englobe les situations d'urgence ou accidents majeurs. Trois configurations définissent les accidents majeurs. La connaissance de l'évènement est acquise par les organisations, la situation est perçue comme techniquement, économiquement et socialement gérable (Lagadec, 1991). L'application des plans d'urgence ne soulève pas de problèmes particuliers.

Les crises conventionnelles

En se basant sur la définition de Gundel (2000), deux situations correspondent aux crises conventionnelles. Deux cas sont également définis. Dans le premier cas, le potentiel danger de l'évènement déclencheur et les conséquences sont élevés. L'évènement déclencheur provoque des conséquences importantes sur les enjeux et déstabilise les organisations. Dans le second cas, le potentiel danger et les conséquences sont assez faibles, mais de part la présence de vulnérabilités latentes au sein des organisations, ces dernières ne peuvent réagir promptement.

Les crises de grande ampleur

L'état de crise de grande ampleur, résulte de la conjonction entre un évènement déclencheur dont le potentiel est faible ou extrêmement élevé et un territoire vulnérable. Cette *collision* met en éveil des vulnérabilités organisationnelles qui se transforment en facteurs aggravants d'ordres techniques ou managériaux.

Le troisième niveau de modélisation, précise la finalité de la crise selon une logique systémique. Or, ceci semble difficile. En effet, la finalité de la crise serait de provoquer un état de chaos, de choc. Le système de crise n'aurait donc aucune finalité propre. En changeant de point de vue, la finalité du système correspondrait aux missions des organisations, c'est-à-dire gérer le risque lors de l'état initial ou bien gérer la crise en état de crise.

Afin d'avoir une représentation plus fine du système global, l'état initial et l'état de crise de grande ampleur sont modélisés

5.2.2.2. L'Etat initial : modèle 2

Le modèle attaché à l'état initial est présenté figure 16. Il permet de représenter le mode de fonctionnement normal d'une société. Le système initial est composé de deux sous-systèmes principaux que sont le contexte et le territoire (Cf. Tableau 16). Le territoire est lui-même fonction de quatre entités majeures (les enjeux, les organisations de crise, les sources de risque et de menace). Les fonctions de ce système ne peuvent être déterminées qu'au cas par cas. En effet, selon le territoire pris en compte (niveau département ou zonal par exemple), et le type de risque envisagé (inondation ou attentat), les missions du système diffèrent.

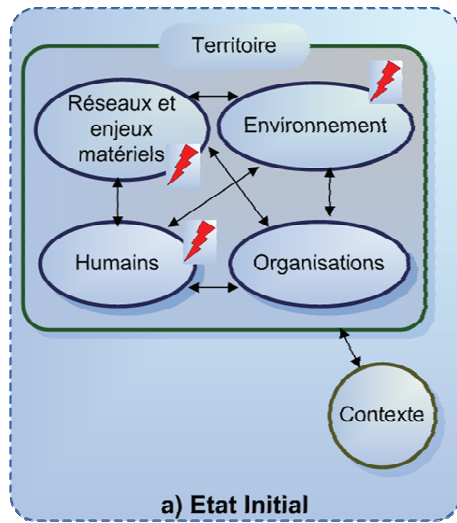


Figure 16 : Modèle de l'état initial

Tableau 16 : Synthèse des trois niveaux de modélisation de l'état initial

Etat initial	
Niveaux de modélisation	Fonction selon le type de risque ou de menace
Structure	2 sous-systèmes - le contexte ; - le territoire composé des enjeux humains, environnementaux et matériels, des organisations et des sources de risque.
Comportement	Mode de fonction normal, phase de routine
Fonction	Selon le type d'aléa

Ce système initial peut donc subir des perturbations à la suite de la réalisation d'un évènement déclencheur et évoluer vers quatre états et plus particulièrement vers l'état de crise de grande ampleur, état ultime.

5.2.2.3. L'état de crise de grande ampleur : modèle 3

Afin de comprendre la complexité des crises de grande ampleur et d'augmenter la connaissance sur ces phénomènes, un modèle de crise est développé (Cf. Figure 17). Lors d'une crise de grande ampleur, la compréhension du phénomène s'appuie sur l'analyse de quatre sous-systèmes que sont (Cf. Tableau 17) :

- l'évènement déclencheur ;
- les conséquences humaines, environnementales et matérielles, générées par ce dernier ;
- la vulnérabilité initiale du territoire (état 1 ainsi que le contexte politique, économique et international) ;
- les organisations gestionnaires.

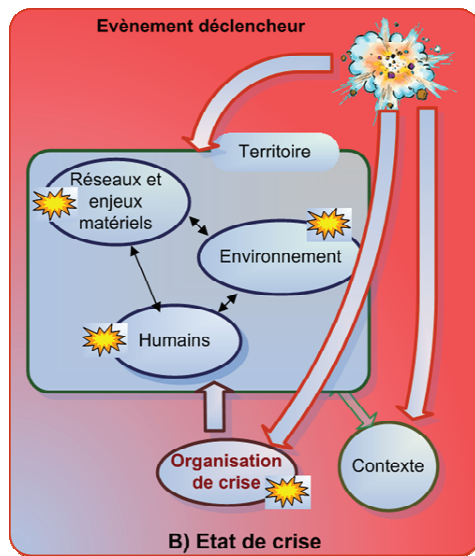


Tableau 17 : Les trois niveaux de modélisation de l'état de crise de grande ampleur

Etat de crise	
Niveaux de modélisation	
<i>Structure</i>	4 sous-systèmes - les conséquences ; - l'évènement déclencheur ; - le contexte ; - les organisations.
<i>Comportement</i>	Deux comportements : - crises abruptes ; - crises cumulatives.
<i>Fonction</i>	Pas de finalité à part entière hormis tendre vers le chaos

Figure 17 : Modèle de l'état de crise de grande ampleur

La finalité de ce système est identique à celle du système global c'est-à-dire tendre vers un état de chaos. Ainsi, le système de crise de grande ampleur ne possède pas de finalité propre.

Une crise est un phénomène dynamique, évolutif dans le temps qui affecte le processus de décisions des acteurs. L'approche systémique permet de modéliser son comportement.

Le système global de crise a une dynamique propre (de l'état initial à l'état de crise). Les crises possèdent également un comportement distinctif selon la cinétique de l'évènement déclencheur et la présence de facteurs aggravants. La cinétique de l'évènement déclencheur est soit instantanée, soit lente. Deux types de crises de grande ampleur sont définis : les crises abruptes et les crises cumulatives (Cf. Figure 18).

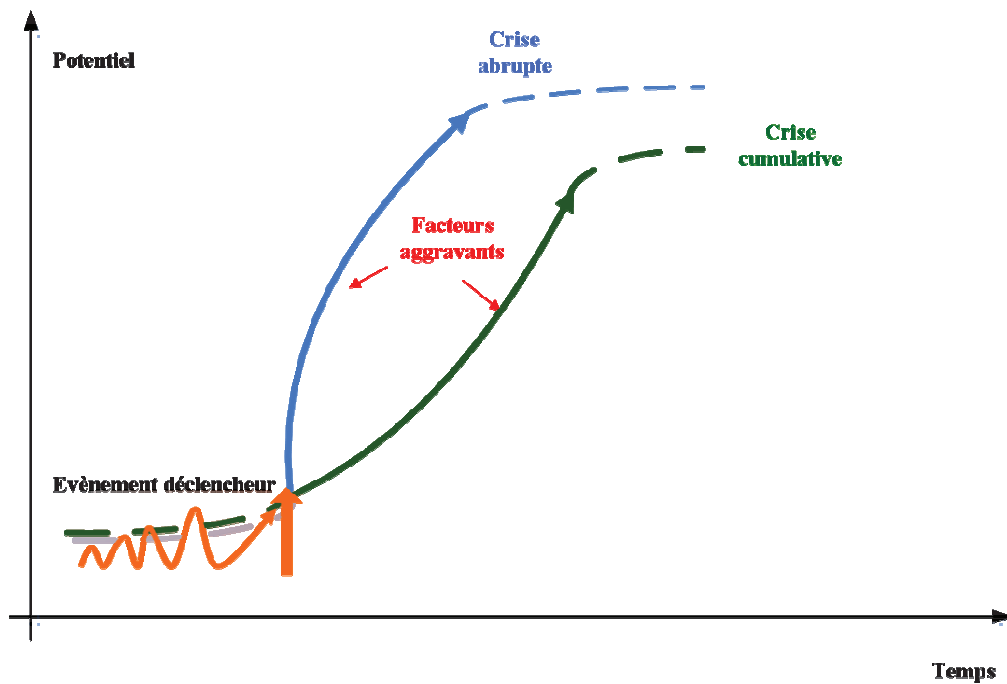


Figure 18 : Représentation des dynamiques des crises de grande ampleur

Les crises abruptes

Les crises abruptes résultent de l'occurrence d'un évènement déclencheur dont la cinétique est instantanée (quelques secondes) ou rapide (quelques heures). Elles apparaissent soudainement, les organisations sont prises au dépourvu. La situation s'amplifie abruptement sous l'action de facteurs aggravants.

Les crises cumulatives

Le deuxième type de crise apparaît de manière graduelle (plusieurs jours à plusieurs semaines). Le potentiel danger de l'évènement déclencheur augmente progressivement, des micro ruptures apparaissent dans le système et s'accumulent.

Cette partie, en s'appuyant sur l'approche systémique, a permis de définir la crise de grande ampleur et de développer une représentation de cette réalité. Les modèles, ainsi obtenus, servent de support à la communication et à la construction commune d'une représentation de la crise. Ces modèles devront être partagés par l'ensemble des acteurs dans l'objectif de développer des pratiques de gestion commune.

Dans l'optique de développer un système de veille stratégique du territoire et de gestion des crises de grande ampleur, la partie suivante, s'attache à cibler les informations utiles pour évaluer chacun des trois modèles.

5.3. Evaluation des modèles

Dans l'objectif d'apporter une aide à la décision aux gestionnaires des crises, cette partie est consacrée à l'identification des paramètres d'évaluation des trois représentations construites précédemment, au travers de la méthode MADS.

5.3.1. Le modèle MADS

L'évaluation du modèle général de crise peut être appréhendée en se basant sur le modèle MADS¹⁶, initialement développé afin de conceptualiser les analyses de risques des systèmes techniques (Périlhon, 2000). Le risque est modélisé comme un ensemble de processus au sens systémique du terme. *Le danger* (ou risque) est défini comme l'ensemble des processus qui conduisent à un processus principal pouvant être généré par un système source de danger. Le flux de danger est généré par une source de *flux de danger* à partir du système source de danger. Si le flux peut atteindre le *système cible* et provoquer des conséquences sur ce dernier, on parle alors de risque (Périlhon, 2002) (Cf. Figure 19).

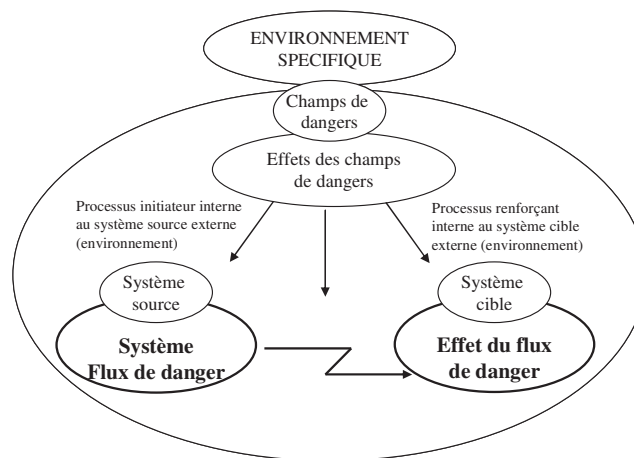


Figure 19 : *Modèle conceptuel MADS (Adapté de Périlhon, 2000)*

Le modèle conceptuel MADS permet de cibler l'information utile à l'évaluation du système global de crise ainsi que de l'état initial et de l'état de crise de grande ampleur.

5.3.2. Ciblage des informations pour évaluer le système général (Modèle 1)

¹⁶ MADS : Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes

En transposant le modèle MADS à la problématique d'évaluation d'un niveau potentiel de crise du système général, deux domaines apparaissent (Cf. Figure 20) :

- le domaine du risque relié au modèle 2,
- le domaine de l'évènement non souhaité ou de crise c'est-à-dire le modèle 3.

chacun pouvant être analysé indépendamment à l'aide du modèle MADS.

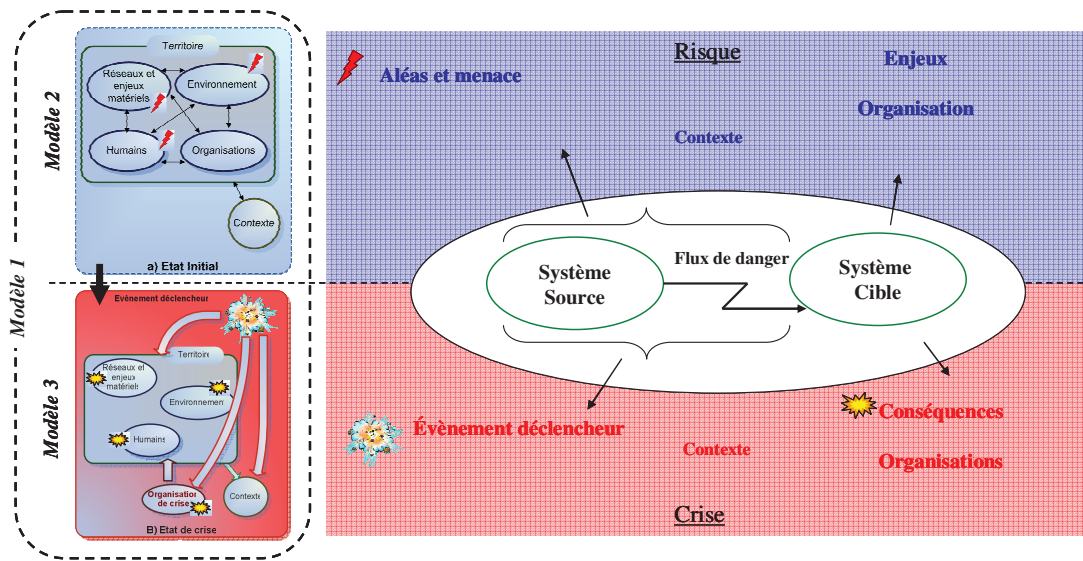


Figure 20 : Transposition du modèle MADS

Dans le but d'avoir une évaluation la plus exhaustive possible, les modèles 2 et 3 sont analysés de manière indépendante, puis les informations sont synthétisées, afin d'avoir une analyse globale du modèle de crise.

5.3.3. Ciblage des informations pour l'évaluation de l'état initial (Modèle 2)

L'état initial est donc composé de deux sous-systèmes, le contexte et le territoire.

5.3.3.1. Le contexte

La compréhension des crises passe par l'intégration du contexte politique, économique et international d'un territoire. En effet, les sociétés confrontées à des risques ou des menaces réagissent de manière différente selon leur culture et leur niveau de développement. Comme cela a été souligné à plusieurs reprises, une communauté possède des degrés de vulnérabilité différents selon le niveau de développement du pays, les politiques de prévention et de gestion des risques mises en place, les efforts financiers engagés pour réduire les risques, éduquer les populations, pour mettre en place des systèmes techniques d'alerte et de limitation des conséquences mais également pour accroître les moyens humains et matériels dédiés à la gestion des crises. A contrario, les crises actuelles, dans les pays surdéveloppés, sont à la frontière du chaos (Lagadec, 2006) du fait des nouvelles vulnérabilités citées précédemment. Le contexte politique a également son importance pour comprendre les crises.

Dans la logique actuelle de l'hyper terrorisme, les territoires sont hautement vulnérables vis-à-vis des menaces d'attentats.

Afin d'évaluer le contexte général d'un territoire, les gestionnaires de crises se doivent de recueillir des informations économiques, politiques et conjoncturelles afin d'obtenir une connaissance suffisante de ce dernier. Elles peuvent être assimilées à des signaux avertisseurs.

5.3.3.2. Le territoire

Le territoire, dans le cadre de cette étude, est assimilé à un département. Il est décomposé de trois sous-systèmes que sont les aléas, les enjeux et les organisations.

a) Les aléas

L'aléa est le premier volet du risque. Selon le territoire, les sources de risque diffèrent. Les phénomènes naturels englobent les orages et les fortes précipitations conduisant à des crues et des inondations, les vents violents, la neige et le verglas, les fortes chaleurs à l'origine des sécheresses et des épisodes de canicule. Concernant les risques anthropiques, quatre phénomènes sont retenus : les explosions, les incendies, les dispersions de matières dangereuses dans l'air et dans le milieu aquatique et les accidents collectifs. La catégorie des menaces intentionnelles regroupent les attentats de type nucléaire, radiologique, chimique et biologique. A ces trois catégories, peuvent être ajouté les épidémies à grande échelle (SRAS, épizootie aviaire, ...).

b) Les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

Les enjeux se répartissent selon trois items principaux que sont les enjeux humains, environnementaux et les biens matériels (Bockley, 1999). Classiquement, le niveau des conséquences potentielles se fait au travers de l'évaluation de la vulnérabilité, deuxième volet du risque. Afin d'avoir une représentation fine de la vulnérabilité d'un territoire, chaque item englobe des catégories plus précises (Kirchsteiger, 1998).

Loin d'être exhaustif, les tableaux 18, 19 et 20, synthétisent les trois catégories d'enjeux prioritaires à prendre en compte pour évaluer la vulnérabilité d'un territoire vis-à-vis de crises naturelles, industrielles et intentionnelles.

Les enjeux humains

Les enjeux humains pris en compte sont regroupés selon trois catégories que sont les populations locales sédentaires, les populations présentes dans les établissements recevant du public (ERP) et les usagers des voies de communication (Tixier, 2003) (Cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Catégories des enjeux humains

Enjeux humains
<p>Catégorie 1 : Population locale sédentaire</p> <p>Catégorie 2 : Population présente dans les ERP suivants</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Structures de transports : gares ferroviaires, gares routières, aéroports, ports ; b) structures dédiées aux commerces : zones commerciales, zones industrielles ; c) structures dédiées aux loisirs et à la culture : stades, salles de sport, musées, théâtres, cinémas, salles de spectacles, bibliothèques, médiathèques ; d) structures dédiées à la santé : hôpitaux, cliniques, maisons de retraite, maternités ; e) structures dédiées à l'enseignement : garderies, établissements d'enseignement (écoles maternelles, écoles primaires, collèges, lycées, universités), résidences universitaires ; f) structures administratives et de gouvernement ; g) structures dédiées au tourisme : hôtels, résidences hôtelières, campings. <p>Catégorie 3 : Usagers des voies de communication : routes nationales, départementales, communales, autoroutes, voies ferrées, voies aériennes, voies navigables.</p>

La quantification des enjeux humains, à défaut de bases de données complètes, se fonde sur la densité de population (Szegö, 1998).

Les enjeux environnementaux

La quantification et la qualification des enjeux environnementaux s'appuient sur la base de données Corine Land Cover, gérée par l'Ifen (2000). Cinq catégories générales sont définies conformément au niveau 1 de la nomenclature (Cf. Tableau 19).

Tableau 19 : Catégories des enjeux environnementaux

Enjeux environnementaux (Ifen, 2000)
Catégorie 1 : Territoires artificialisés
Catégorie 2 : Territoires agricoles
Catégorie 3 : Forêts et milieux semi naturels
Catégorie 4 : Zones humides
Catégorie 5 : Surfaces en eau

La quantification de la vulnérabilité des enjeux environnementaux s'appuie sur le mode d'occupation du sol.

Les réseaux vitaux

Différentes typologies d'infrastructures critiques existent (Commission des Communautés Européennes, 2004, Little, 2004 ; Egan, 2007, The President's Commission on Critical Infrastructure Protection, 1998, in Nicolet, 1998). Dans le cadre de cette étude, cinq catégories principales sont prises en compte, chacune englobant différentes sous-catégories (Cf. Tableau 20).

Tableau 20 : Catégories des réseaux vitaux

Réseaux vitaux	
Catégorie 1 : Les réseaux d'énergie et d'eau (REE) a) pétrole : production, transport et distribution ; b) électricité : production, transport et distribution ; c) gaz : production, transport et distribution ; d) eau potable : production, transport et distribution ; e) eaux usées : collecte et traitement ;	Catégorie 3 : Télécommunication (TELECOM) a) réseau filaire : téléphone, internet ; b) réseau satellitaire : téléphone, internet, GSM ; c) réseau hertzien : téléphone, internet, radio, TV.
Catégorie 2 : Les transports (TRANS) a) réseau routier b) réseau ferré ; c) réseau aérien ; d) réseau maritime ;	Catégorie 4 : Services à la population a) agriculture et industries : production, distribution ; b) commerces ; c) enseignement et recherche ; d) finance ; e) structures de gouvernements et administrations (services à la société) ; f) loisirs, cultures et cultes ;
	Catégorie 5 : Habitat privé (HP)

Deux types de vulnérabilité décrivant les réseaux vitaux, sont distingués : la vulnérabilité du réseau, à proprement parler, rattaché à l'endommagement potentiel, direct ou indirect, de l'infrastructure en elle-même, et la vulnérabilité liée au réseau, renvoyant aux dysfonctionnements potentiels des sociétés en cas de défaillance ou de dégradation de ce dernier (Bouchon, 2006 ; Hellström, 2007). Le degré de criticité des réseaux vitaux vis à vis d'un risque et son degré de dépendance, définissent le niveau d'endommagement des réseaux vitaux.

c) Les acteurs du risque

A cette typologie initiale, un quatrième type d'enjeux est intégré : les organisations ayant un rôle dans la gestion des risques et des crises. Trois types principaux d'organisations sont intégrés en phase de routine (Cf. Tableau 21) :

- les organisations dont les missions, en phase de routines, sont orientées vers l'urgence (Sapeurs pompiers, gendarmerie, police, protection civile, etc) ;
- les réseaux de soins ;
- les organisations dont la gestion des risques ne fait pas exclusivement partie des missions principales en phase de routine (Services déconcentrés de l'Etat, Préfecture, etc) mais qui participent aux phases de planification et de prévention.

Tableau 21 : Catégories d'acteurs

Organisations
Catégorie 1 : Sécurité civile et défense Sapeurs pompiers, police, gendarmerie, CRS, armée, Protection Civile
Catégorie 2 : Réseaux de soins SAMU/SMUR, hôpitaux/cliniques, réserves de sang, laboratoires ;
Catégorie 3 : Gouvernements et administrations ayant un rôle légal dans la gestion des risques et des crises Ministères, préfectures, mairies, administrations décentralisées (DDE, DDASS, DRIRE, DDAFF, etc)

La vulnérabilité des organisations à subir une crise, est évaluée, lors des phases de prévention et d'apprentissage au travers de 12 facteurs (Cf. Tableau 22) comme par exemple la mise à jour des plans d'urgence, la capitalisation des retours d'expérience, ou bien encore l'apprentissage régulier par le biais d'exercices.

Tableau 22 : Facteurs de vulnérabilité des organisations

Facteurs de vulnérabilité des organisations
Prévention et planification <ul style="list-style-type: none"> a) recensement des risques et scénarios de risque ; b) travaux préconisés de réduction du potentiel danger ou de réduction de la vulnérabilité des enjeux non faits ; c) information préventive des populations ; d) rédaction et mise à jour des plans d'urgence ; e) intégration des retours d'expérience dans la planification et la prévision ; f) définition d'un réseau de surveillance et d'alerte.
Préparation et apprentissage <ul style="list-style-type: none"> g) expériences antérieures (nombre de crises sur un territoire, taux de gestion des décideurs) ; h) capitalisation des connaissances ; i) exercices de simulation réguliers ; j) mises à jour des annuaires de crises ; k) recensement des moyens disponibles en temps de crise (hébergements, couvertures,) ; l) degré de complexité du système.

Le niveau de vulnérabilité conditionne les capacités de réaction et de gestion des organisations. Au travers d'une évaluation de ces critères, les organisations, en phase de prévention et de préparation, améliorent la connaissance de leurs structures dans le but de diminuer leur vulnérabilité et d'augmenter leur résilience vis-à-vis d'une crise.

5.3.4. Ciblage des informations pour l'évaluation de l'état de crise (Modèle 3)

La crise est là. Les trois catégories principales d'acteurs se regroupent au sein du COD et sur le terrain afin de gérer la situation. Ils définissent des stratégies d'action selon une évaluation de l'évènement déclencheur, des conséquences et des besoins afin de définir un cadre de référence conforme à la réalité de la crise. L'objectif de cette partie est donc de cibler toutes les informations utiles aux organisations pour mener à bien l'évaluation du potentiel de crise.

5.3.4.1. L'évènement déclencheur

L'évaluation de la source de danger, en temps réel, diffère, selon le type de phénomène. La quantification du potentiel danger d'un évènement industriel se fait aux travers de quatre critères que sont la cinétique de réalisation, la gravité (quantité de substances participant au phénomène), la présence d'effet domino ou de sur-accident et l'importance spatiale du phénomène. Dans le cas des actes terroristes, 3 critères s'ajoutent à ceux pré-cités : le nombre d'évènement ou d'actes à la bombe, la localisation lors d'évènements multiples, le délai temporel entre les actes. Concernant les évènements naturels, par mesure de simplification, l'évaluation du potentiel danger se fait au travers les niveaux de vigilance émis par Météo France, l'importance spatiale et le niveau de vigilance hydrologique pour les phénomènes d'inondation (Cf. Tableau 23).

Tableau 23 : Synthèse des éléments caractérisant le potentiel danger

	Sources de danger	Flux de danger	Paramètres d'évaluation du risque	Paramètres d'évaluation
Phénomènes naturels	Phénomènes météorologiques		Carte d'aléas, PPRN	- vigilance météorologie
	- Orages et fortes précipitations	Crue et inondation		- vigilance hydrologique (cas des inondations uniquement)
	- Forts vents	Tempêtes et tornades		- importance spatiale
	- Neige et verglas	Avalanche		
	- Fortes chaleurs	Canicule		
		Sécheresse		
Phénomènes anthropiques	- Explosion	Surpression	Etude des dangers	- cinétique,
	- Incendie	Thermique, toxicité		- gravité,
	-Dispersion atmosphérique	Toxicité		- effets domino,
	- Dispersion aquatique	Toxicité		- importance spatiale
	- Les accidents collectifs (crash d'avion, accidents routiers, ...)			
Phénomènes intentionnels	- Attentats de types Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique, Explosif (N.R.B.C.E).	Thermique, toxicité, Surpression,	Evaluation des menaces	- nombre d'évènement, - localisation, - délais entre les actes, - cinétique, - gravité, - sur-accident, - importance spatiale

A noter que les phénomènes géodynamiques (séismes, mouvements de terrain) et les feux de forêts ne sont pas pris en compte dans cette étude.

5.3.4.2. Les conséquences sur les enjeux

En phase de crise, l'évaluation des conséquences sur les enjeux humains peut se faire selon quatre catégories utilisées en médecine de catastrophe lors du triage des victimes au Poste Médical Avancé (PMA) (Adnet, 2003 ; De La Coussaye, 2003) :

- les morts ;
- les urgences absolues (UA) ;
- les urgences relatives (UR) ;

- les impliqués.

En fonction de la dynamique de crise, les conséquences potentielles sont évaluées afin d’anticiper sur les moyens matériels et humains.

Le dénombrement des conséquences sur les enjeux environnementaux et les réseaux vitaux se basera sur les typologies définies précédemment (Cf. Tableau 19 et 20).

5.3.4.3. Les organisations

Comme souligné à plusieurs reprises, les organisations glissent d’un mode de fonction normal à un mode de fonctionnement de crise. Les différents acteurs peuvent être affectés directement par la crise. Afin de s’assurer d’un fonctionnement adéquat des organisations en phase de crise, une évaluation des capacités de réponse peut être envisagée selon un découpage en mission des organisations (Cf. Tableau 24). Lors de la réponse opérationnelle au niveau départemental, deux organisations sont envisagées :

- le Cendré Opérationnel Départemental composé de sept cellules ;
- le terrain regroupant une multitude d’acteurs comprenant six fonctions essentielles.

Tableau 24 : Synthèse des éléments d’évaluation de la capacité de réaction des organisations

Organisations de crise	
COD	Terrain
a) commandement b) soins secours sauvetage ; c) ordre public- circulation ; d) transport – travaux ; e) transmissions ; f) expertise, évaluation et anticipation ; g) réponses aux appels du public.	a) commandement b) soins secours sauvetage ; c) ordre public- circulation ; d) transport – travaux ; e) transmissions ; f) expertise, évaluation et anticipation.

L’évaluation de chacune des missions semble pertinente et en adéquation avec les problématiques récurrentes présentées au chapitre 1.

5.3.4.4. Les facteurs aggravants

La crise de grande ampleur est définie également en fonction de facteurs aggravants. En se basant sur l’état de l’art (chapitre 2) et les analyses des retours d’expériences (chapitre 3), un ciblage des défaillances conduisant à une amplification des crises, est proposé (Cf. Tableau 25). Pour cette étude, les facteurs aggravants ont été organisés en fonction des trois sous-

systèmes (conséquences, évènement déclencheur et organisation) composant les modèles 2 et 3. sont définis.

a) Les facteurs aggravants issus de l'évènement déclencheur

Trois facteurs aggravants mis en évidence, par l'analyse des retours d'expérience conduite au chapitre 3 sont retenus :

- une connaissance insuffisante de l'évènement déclencheur ;
- une difficulté à identifier les causes primaires de l'évènement déclencheur. Sans connaissance précise des phénomènes, les actions à envisager peuvent être retardées ;
- une méconnaissance des installations industrielles.

b) Les facteurs aggravants relatifs aux conséquences

Cinq facteurs aggravants ont été recensés. Il s'agit :

- des réactions négatives des populations ;
- le non respect des consignes de sécurité et de mise à l'abri par les populations ;
- une ampleur spatiale importante des conséquences, ceci peut conduire à un déséquilibre entre les moyens matériels et humains et les besoins engendrés par la situation ;
- la présence d'acteurs parmi les victimes ;
- une gestion difficile des familles.

c) Les facteurs aggravants organisationnels

Au vu des retours d'expériences, les facteurs aggravants organisationnels et techniques concernent :

- la détection de la crise par la prise en compte des signaux avertisseurs et l'alerte des populations et des acteurs ;
- les acteurs eux-mêmes. Les conséquences au niveau individuel et collectif de crises telles que le stress, l'ambiguïté, mais également des vulnérabilités latentes sont considérés comme des facteurs aggravants de la gestion de la crise.
- les moyens opérationnels et techniques utilisés ;
- la gestion des informations et la communication ;
- le contexte. Les facteurs de contingences tels que la simultanéité des évènements, le moment de survenue de l'évènement déclencheur, des conditions météorologiques néfastes sont considérés comme des paramètres aggravants.

Facteurs aggravants - Evènements déclencheurs	
(1) connaissance de l'évènement déclencheur insuffisante	
(2) difficultés à identifier les causes	
(3) méconnaissance des installations industrielles	
Facteurs aggravants - Conséquences	
(4) réactions négatives des populations	
(5) non respect des consignes de sécurité de la part des populations	
(6) ampleur spatiale importante	
(7) acteurs parmi les victimes	
(8) gestion difficile des familles	
Facteurs aggravants - Organisations	
Signaux avertisseurs et alertes	
(9) non perception des signaux avertisseurs	
(10) non prise en compte des signaux avertisseurs	
(11) surprise de l'évènement	
(12) non fonctionnement de l'alerte	
(13) système d'alerte inefficace ou absence de système d'alerte	
Acteurs	
(14) ambiguïtés des fonctions	
(15) difficultés de coordination	
(16) manque de doctrine commune entre acteurs	
(17) méconnaissance des rôles et des actions de chacun	
(18) stress, fatigue	
(19) frustration	
(20) première expérience de ce type de crise	

Facteurs aggravants - Organisations	
Moyens opérationnels	
(21) absence d'inventaire des moyens	
(22) délai important de montée en puissance	
(23) déséquilibre entre les moyens et les besoins	
(24) délai d'acheminement des renforts important	
(25) absence de moyens de protection adéquats	
(26) difficulté d'installation des postes de commandement et des postes médicaux avancés	
(27) engorgement des services d'urgence	
(28) relations difficiles avec les médias	
(29) nombre important de médias sur site	
(30) manque de moyens d'hébergement	
(31) moyens non opérationnels	
Informations communication	
(32) problème de communication orale (langues)	
(33) problème de remontée de l'information du terrain au cod	
(34) échanges d'information insuffisants	
(35) informations fausses, contradictoires	
(36) informations importantes non prises en compte	
Éléments contextuels	
(37) météo défavorable	
(38) période temporelle néfaste	
(39) évènements simultanés	
(40) plans non mis à jour	
(41) difficulté de prévisions météorologique	
(42) transmissions des informations auprès des populations difficile	
(43) rumeur	

Tableau 25 : Liste des facteurs aggravants

5.3.5. Synthèse

La reconnaissance du processus conduisant à l'émergence d'une crise est parfois difficile. Pour pallier ce défaut, la réalité de la crise est modélisée, en s'appuyant sur le paradigme systémique. Trois modèles sont créés, chacun ayant une finalité, un comportement et une structuration propre. La méthode MADS, apporte un cadre structuré pour définir les informations d'évaluation des trois modèles. La définition d'une situation donnée comme étant une crise de grande ampleur (modèle 1) est appréhendée selon un indicateur unique, dénommé potentiel de crise. Ce dernier regroupe l'ensemble des données d'évaluation de l'état 2 et de l'état 3 (Cf. Figure 21).

L'état 2 ou mode de fonctionnement normal, est quantifié à la fois par les données issues des analyses de risques (aléas et enjeux) et d'autre part, par une évaluation de la vulnérabilité des organisations gestionnaires.

L'état de crise, quant à lui est évalué selon trois indicateurs représentant 1) le potentiel danger de l'évènement déclencheur, 2) le niveau de conséquences sur les enjeux et 3) la capacité de réaction des organisations, chacun étant modulé par une quantité de facteurs aggravants.

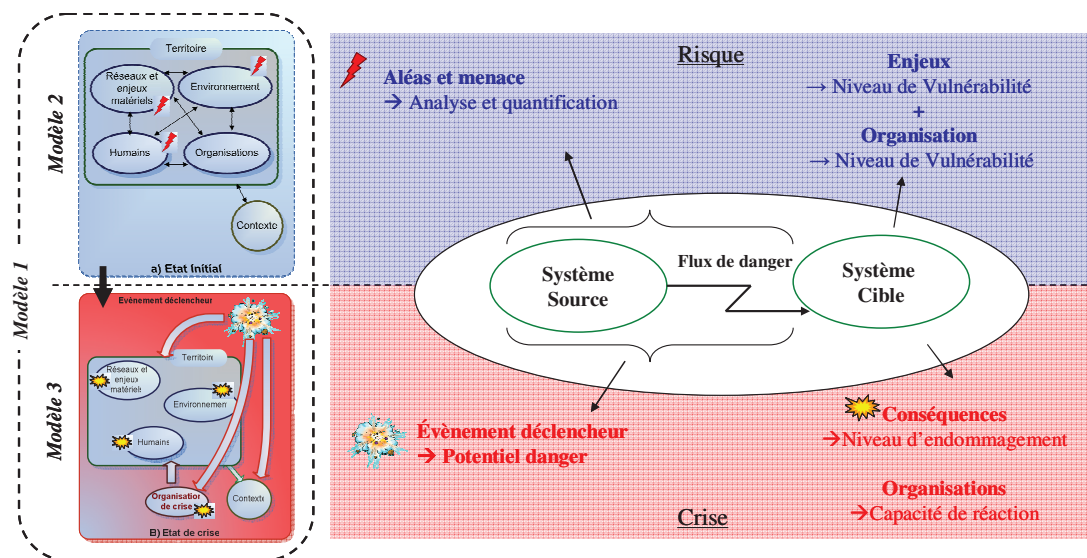


Figure 21 : Synthèse des informations d'évaluation du modèle de crise

L'appréhension de la dynamique du système général (modèle 1), c'est-à-dire le passage entre l'état initial et l'état de crise ou d'incident se fait au travers de la définition d'un critère unique de synthèse, dénommé potentiel de crise. Ce paramètre est obtenu selon l'évaluation de quatre indicateurs (Cf. Tableau 26) : 1) l'évènement déclencheur, 2) les conséquences sur les enjeux, 3) les capacités de réaction des organisations lors de la crise, 4) la vulnérabilité initiale du territoire c'est-à-dire l'état du modèle 2.

Tableau 26 : Synthèse des paramètres d'évaluation du potentiel de crise du système global

Potentiel de crise du système de crise	Indicateurs	Paramètres d'évaluation
	Indicateur évènement déclencheur	
	<i>Crise industrielle</i>	Cinétique, gravité, importance spatiale, effet domino, connaissance
	<i>Crise naturelle</i>	Vigilance météorologique, vigilance hydrologique, importance spatiale, connaissance
	<i>Crise terroriste</i>	Nombre d'évènement, localisation, délai, cinétique, gravité, sur-accident, importance spatiale
	Indicateur conséquences	
	<i>Conséquences humaines</i>	Morts, urgence absolue, urgence relative, impliqué
	<i>Conséquences environnementales</i>	Territoires artificialisés, territoires agricoles, forêts, zones humides, surface en eau
	<i>Conséquences sur les réseaux vitaux</i>	Réseaux d'énergie et d'eau, de communication, de télécommunication, de services à la population
	Indicateur organisations	
	<i>Capacité de réaction</i>	du COD et des acteurs de terrain
	Indicateur vulnérabilité initiale du territoire	
		Niveau de risque (aléa et vulnérabilité des enjeux), vulnérabilité des organisations

Dans l'objectif de développer un système d'aide à la décision pour les gestionnaires de crise, le ciblage des informations essentielles pour évaluer le potentiel de crise d'une situation donnée a été réalisé. Reste maintenant à envisager le choix des méthodes et outils permettant de définir et de réaliser le système de veille stratégique du territoire.

5.4. Le système de veille stratégique du territoire : définition et objectifs

Le deuxième objectif de ces travaux de thèse est de répondre à la demande formulée par les services de la Sécurité Civile, c'est-à-dire la mise en place d'une méthode d'anticipation et de gestion des crises de grande ampleur. Cela nécessite la mise en place d'un système de surveillance de l'environnement par les acteurs, ce qu'apporte la notion de veille stratégique. La veille stratégique est définie « comme le processus informationnel par lequel une entreprise se met à l'écoute anticipative de son environnement dans le but créatif d'ouvrir des fenêtres d'opportunités et de réduire son incertitude et ses risques. » (Lesca, 1996)

La méthode envisagée a pour objectifs de :

- surveiller l'état initial afin d'anticiper sur une évolution possible vers un des quatre états définis précédemment (anticipation d'une perturbation),
- anticiper une amplification de l'état de crise de grande ampleur par la détection des facteurs aggravants.

Pour ce faire, en fonction des critères d'évaluation du système de crise, un niveau de potentiel de crise permettant d'informer, de manière claire et concise, le Préfet, est établi. En fonction de la valeur obtenue, le décideur définit si la situation en présence, est un incident, un accident majeur, une crise conventionnelle ou une crise de grande ampleur. A terme, les acteurs partageront la même vision de la crise.

Conclusion - Synthèse

Dans le cadre de cette étude, les crises de grande ampleur sont définies comme des situations survenant à la suite de la perturbation d'un territoire initialement vulnérable (enjeux et organisations) par un ou plusieurs événements déclencheurs d'origine naturelle, industrielle et ou intentionnelle. Les organisations ayant un rôle civique dans la gestion des risques et des crises, sont déstabilisées de par l'ampleur et la complexité des besoins mais également par la présence de facteurs aggravants d'ordres techniques, organisationnels ou contextuels, les empêchant d'agir adéquatement. La reconnaissance d'une crise n'est pas toujours aisée, encore moins quant celle-ci revêt un comportement de grande ampleur. Or cette étape est le préalable au processus de décision. Afin d'aider les décideurs à percevoir un phénomène comme tel, une représentation systémique du processus conduisant à l'émergence des crises est défini. La perturbation d'un territoire par un événement déclencheur peut engendrer quatre types de comportements que sont les incidents, les accidents majeurs, les crises conventionnelles et les crises de grande ampleur. La différenciation entre ces quatre états s'effectue au travers la quantification du potentiel danger de l'évènement, des conséquences sur les enjeux, de la capacité de réaction des organisations et de la vulnérabilité initiale du territoire. De plus, l'amplification d'un état vers un autre s'opère sous l'action de facteurs aggravants.

Afin d'aider les décideurs à évaluer le comportement d'une situation, un ciblage des informations permettant d'évaluer un potentiel de crise (revêtant quatre états) est effectué. Sur la base de ces informations, les acteurs seront à même de définir leurs stratégies en fonction de la situation en présence, et également de partager, à terme, une représentation commune.

Chapitre 6

L'aide à la décision

Méthodes et outils

« Quelle est la voie ? demanda le disciple.
- La perception aiguë de l'évidence des choses », dit
le maître zen.
Brunel H, *Contes zen*, 2000

-
- 6.1. L'aide à la décision : Pourquoi, comment et pour qui ?
 - 6.2. La méthode de décision multicritères de Saaty
 - 6.3. Les réseaux de neurones
-

Introduction

La gestion des crises et la décision sont liées. La première est l'étape préalable à la mise en œuvre du processus de décision. De plus, étudier les situations de crise, c'est prendre conscience que plusieurs paramètres externes combinés aux aspects individuels et collectifs des acteurs influencent ce processus. La définition de la veille stratégique du territoire s'appuie sur des méthodes et outils d'aide à la décision. Après une définition de l'aide à la décision, ce chapitre détaillera dans un second temps la méthode de décision retenue dans le cadre de cette étude, puis envisagera l'utilisation d'un outil de modélisation du processus de crise.

6.1. L'aide à la décision : pourquoi, pour qui et comment ?

6.1.1. Pourquoi l'aide à la décision en gestion des crises ?

La formulation classique d'un problème de décision peut s'exprimer ainsi : un acteur, sur la base d'un objectif (gérer une situation de crise de grande ampleur), désire trouver les solutions optimales pour l'ensemble des solutions possibles afin de mettre en place ses actions.

Une crise est une situation complexe, unique, et diverses solutions à mettre en place sont envisagées. De ce fait découlent deux limites :

- il est difficile de se représenter l'ensemble des solutions ou des alternatives possibles pour résoudre une crise ;
- il a été montré en recherche psychologique (Belton, 1990 in Joerin ; Lin, 2000) que le cerveau humain (acteur) ne peut traiter simultanément qu'un nombre limité d'informations donc de critères. Ainsi, le choix d'une solution optimale s'en trouve affecté. De plus, cette limitation du traitement de l'information altère les capacités de représentation et de perception de la situation.

Selon la définition de Roy (2000),

l'aide à la décision est une activité de celle ou ceux qui cherchent à prendre appui sur une démarche à caractère scientifique pour éclairer des décisions de nature managériale et/ou guider des processus de décision dans des systèmes organisés.

C'est une démarche à la fois descriptive et constructive. Les méthodes d'aide à la décision ont pour vocation de faire émerger des éléments de réponses à des questions que se posent des acteurs engagés dans un processus de décision et d'apporter des moyens de cohérence entre la décision qui doit être prise et les objectifs et les systèmes de valeurs propres aux acteurs (Roy, 2000).

Au-delà de la recherche d'un optimum ou d'une solution idéale, les méthodes d'aide à la décision de type multicritères organisent et synthétisent les informations détenues par les décideurs (Joerin, 2002). Elles ont également l'avantage de permettre une structuration des processus de décision et d'apporter une justification des choix des décideurs. C'est dans cette logique que s'inscrit l'application d'une méthode de décision multicritères.

6.1.2. Pour qui ? Les acteurs et les décideurs

Toute activité d'aide à la décision fait intervenir des acteurs ou des décideurs et assez souvent un homme d'étude ou observateur. Ce dernier va modéliser l'objet d'étude afin d'aboutir à une représentation des rôles de chacun (Merad, 2003).

Le décideur est l'intervenant principal à qui s'adresse l'aide à la décision et qui occupe une place centrale dans le processus de décision. L'acteur d'un processus de décision est défini comme « un individu ou un groupe d'individus qui, par son système de valeurs, que ce soit du premier degré, du fait des intentions de cet individu ou groupe d'individus, ou au second degré, par la manière dont il fait intervenir d'autre individus influencent directement ou indirectement la décision » (Roy, 1985). Qui plus est, pour qu'un groupe d'individus soit identifié comme un seul acteur, il faut que « relativement au processus, les systèmes de valeurs, systèmes informationnels et les réseaux relationnels des divers membres du groupe n'aient pas été différenciés » (Roy, 1985).

L'homme d'étude correspond à un individu ou un groupe d'individus qui prend en charge l'aide à la décision en utilisant des modèles plus ou moins formalisés (Maystre 1994 in Joerin 1997). Il accompagne les acteurs dans leurs démarches d'aide à la décision et il peut être aidé par des experts de différentes disciplines qui auront quant à eux une vision partielle du processus.

Classiquement, la compréhension des groupes et des situations de décisions lors d'une étude de risque peut être faite à l'aide de la représentation développée par Rosness et Hodven (Korte, 2002).

Les auteurs ont proposé une représentation dans un espace à deux dimensions formé par la *proximité au danger* des acteurs et le *niveau d'autorité* de ces derniers sur la situation (Cf. Figure 22)

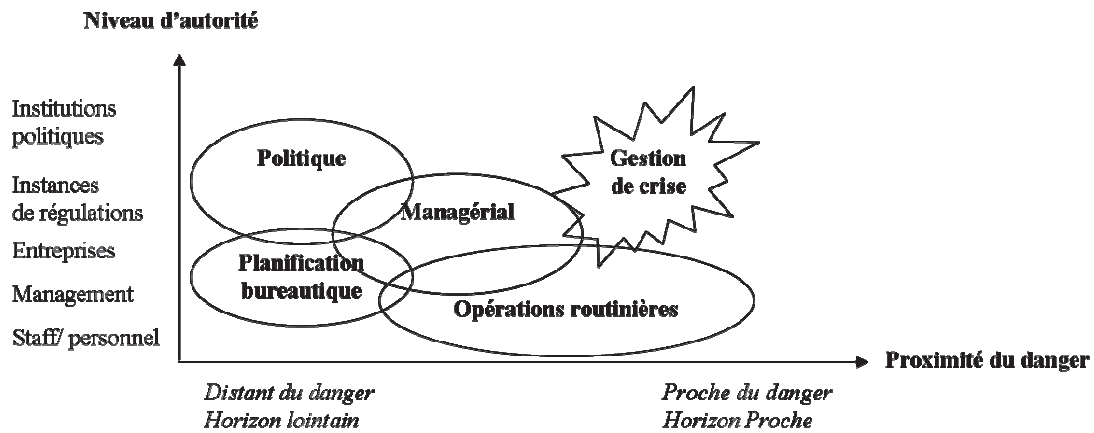


Figure 22 : *Classes de processus de décision*

La proximité du danger correspond au niveau d'implication des acteurs et au degré de criticité de la situation. Cinq situations sont définies en fonction de ces deux paramètres.

Le premier niveau correspond aux *opérations routinières*. Le niveau d'autorité est assez bas et à une distance moyenne de la source de danger. Le niveau *managérial*, détient un haut niveau d'autorité et est quelque peu éloigné de la source de danger. Le troisième niveau, celui de la *planification bureautique et analytique*, regroupe les activités de contrôle et de planification. Les acteurs sont assez loin de la source de danger et ils possèdent un niveau d'autorité assez bas. Le niveau *politique*, forme le quatrième groupe. Il englobe les instances gouvernementales, dont l'objet de la décision a des portées sur la mise en place des lois, des normes et des procédures de régulation. Le niveau d'autorité est assez élevé et les acteurs sont éloignés du danger. Le dernier niveau, celui nous intéressant pour cette étude correspond à celui de la *gestion de crise*. Il englobe les situations dont le contexte est particulièrement dynamique et les conséquences sont majeures (Merad, 2003).

Ces groupes d'acteurs ne sont pas figés dans le temps mais ils évoluent en fonction de divers paramètres. Ainsi, remis dans la problématique de cette étude, les services d'urgence, les réseaux de soins et le Préfet, peuvent être positionnés sur la figure 23. Ces trois catégories migrent d'un mode de fonctionnement normal vers un mode de gestion des crises.

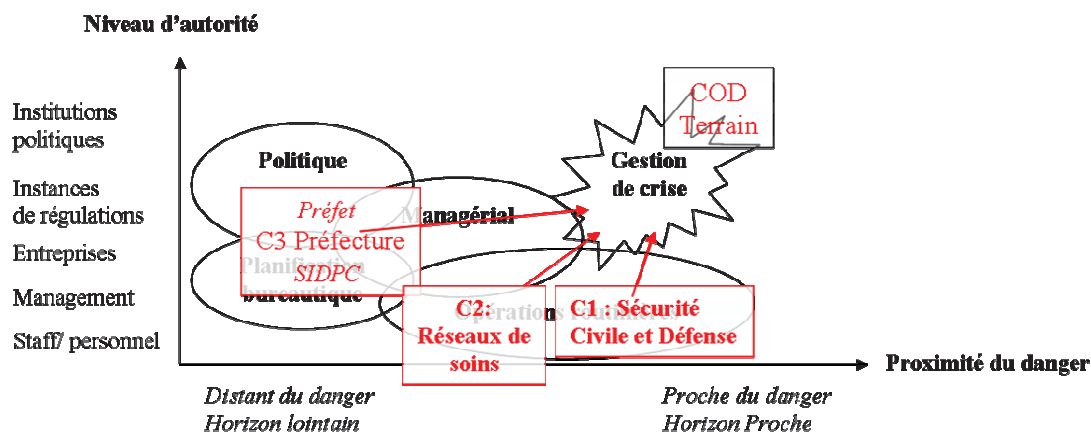


Figure 23: Classes de décisions définies pour la problématique de gestion des crises.

Les acteurs prenant part au processus de décision, maintenant ciblés, il reste à choisir la méthode de décision multicritères.

6.1.3. Comment faire de l'aide à la décision : méthodes et outils.

6.1.3.1. Les différentes méthodes de décision multicritères

Les méthodes d'analyse multicritères ont été développées dans les années 1960 (Tsoukiàs, 2003) afin d'apporter une aide à la décision lors de problèmes faisant intervenir de multiples critères.

Les méthodes multicritères sont appréhendées comme un processus non linéaire constitué de quatre étapes (Guitouni, 1998) :

- la définition des problématiques et la structuration du problème de décision ;
- l'articulation et la modélisation des préférences ;
- l'agrégation des préférences ;
- la recommandation des actions à engager.

La problématique est la façon dont le problème de décision est posé. Quatre problématiques de référence ont été définies, tout problème de décision se ramenant à l'une d'entre elles (Roy, 1985) (Cf. Tableau 27)

Tableau 27: Les problématiques de références (Roy, 1985)

Problématique	Objectifs	Résultats
Alpha	Eclairer la décision par le choix d'un sous-ensemble aussi restreint que possible en vue d'un choix final d'une seule action	Choix ou procédure de sélection
Bêta	Eclairer la décision par un tri résultant d'une affectation de chaque action à une catégorie,	Tri ou procédures d'affectation
Gamma	Eclairer la décision par un rangement obtenu en regroupant tout ou partie des actions en classes d'équivalence	Rangement ou procédures de classement
Delta	Eclairer la décision par une description, dans un langage approprié des actions et de leurs conséquences.	Description ou procédure cognitive

Lorsque la problématique est définie et le problème formulé en termes d'alternatives et de critères, la question est de savoir quelle méthode utiliser pour répondre à l'objectif général. Trois catégories sont distinguées (Cf. Tableau 28) : (Vincke, 1998) :

- la théorie du multi attribut ou approche du critère unique : l'école nord américaine ;
- les méthodes de sur-classement : l'école française ;
- les méthodes itératives.

Tableau 28: Exemples des méthodes multicritères d'aide à la décision en fonction des approches retenues. D'après (Sharlig, 1985 ; Maystre, 1994 ; Griot, 2003)

Approches	Principe	Exemples
Agrégation complète Ecole Américaine	Agrégation complète des critères ; on cherche à les réduire en un critère unique, en supposant que les jugements sont transitifs. Le résultat correspond à une synthèse totale des jugements des experts. Ces méthodes sont basées sur la théorie de l'utilité	Méthode de hiérarchisation multicritères (Saaty, 1984), Multi Attribut Utility Theory (MAUT) (Kenney, 1976)
Agrégation partielle Ecole Française	Elle respecte à la fois l'incomparabilité et l'intransitivité. Il s'agit d'obtenir un résultat établissant des relations de surclassement sur toutes les actions. Les jugements sont agrégés partiellement c'est-à-dire que le résultat n'est pas complètement représentatif des jugements de départ.	Méthode ELECTRE (Roy, 1968), Prométhée (Brans, Vincke, 1984)
Agrégation locale et itérative	Elle s'attache à trouver un compromis acceptable dans le cadre d'un va-et-vient entre l'homme d'étude et le décideur. Elle procède à une exploration locale et renonce à toute vision globale. Elle concerne des problèmes impliquant un nombre très important d'actions, contrairement aux deux premières approches qui supposent d'être en présence d'un ensemble A de dimensions raisonnables	UTA interactive (Siskos, 1980) ; PREFCALC (Jacquet-Lagrèze, 1983)

Dans le cadre de cette étude, l'objectif consiste à synthétiser, regrouper, et hiérarchiser des informations permettant d'évaluer à tout moment l'état de crise de grande ampleur afin de connaître la gravité de la situation dans le but d'adapter les actions. Par ce biais, les connaissances essentielles et suffisantes pour éclairer les décisions seront extraites.

Parmi les problématiques de références citées précédemment, le problème de décision en situation de crise se rattache à la problématique de classement des informations recueillies par les acteurs. L'approche d'agrégation retenue est de type complet puisque l'objectif général de la procédure d'aide à la décision est de fournir un critère unique au travers d'un potentiel de crise suffisamment représentatif de la situation en présence.

6.1.3.2. Les outils de modélisation

Les méthodes d'aide à la décision, quoique utiles pour modéliser les préférences des décideurs, présentent certaines limites liées aux jugements subjectifs des décideurs. De plus, lors de problèmes comportant de nombreuses variables, les acteurs ne peuvent analyser un grand nombre de données.

Les réseaux bayésiens, et les réseaux de neurones sont utilisés pour analyser de grandes quantités de données pour extraire des connaissances utiles à la prise de décision, pour contrôler et prévoir le comportement d'un système. Alors que les réseaux bayésiens s'appuient sur les statistiques, les réseaux de neurones représentent les comportements des processus physique, chimique et économique à partir de connaissances *a priori* (Personnaz, 2003). Ils ont l'avantage principal de pouvoir modéliser des relations non linéaires sans connaissance au préalable des lois qui les régissent.

6.2. La méthode de décision multicritères de Saaty

Comme souligné précédemment, les méthodes d'aide à la décision sont multiples. La méthode retenue dans le cadre de cette étude se base sur la théorie de l'utilité puisque l'objectif visé est d'aboutir à un critère unique d'évaluation de la situation en présence. Cette partie s'attache à décrire les principes généraux et les différentes étapes permettant de mettre en œuvre la méthode de décision multicritères de Saaty.

6.2.1. Principes généraux

La Méthode de Hiérarchie Multicritères (MHM) ou Analytic Hierachy Process (AHP) de T.L Saaty (1984) a été mise au point dans les années 70 afin de faciliter la prise de décision en situation complexe à l'aide d'une approche structurée.

L'objectif principal est d'aider des acteurs intervenant dans le processus de prise de décision à résoudre des problèmes complexes en organisant et en hiérarchisant les informations et les appréciations. MHM est une des méthodes multicritères d'aide à la décision les plus utilisées et ce, dans de nombreux domaines comme la finance, la gestion de l'environnement, l'ingénierie, la politique (Vaidya, 2006). Plus particulièrement, elle permet d'aider à la prise de décision lors de choix de planification, d'allocation de ressources, de résolution d'un conflit (Vaidya, 2006).

En modélisation des systèmes complexes, le système et son environnement sont décomposés en composantes interactives. L'approche de Saaty fournit une mesure de l'ensemble de ces interactions ; internes au système et entre le système et son environnement en attribuant des valeurs relatives correspondant à l'impact de chaque composante sur la totalité du système (Saaty, 1984).

Les fondements de cette méthode reposent sur deux approches simultanées que sont la pensée systémique et la pensée causale.

La première approche intervient au moment de la simplification du problème en composantes interactives à l'aide de structurations hiérarchiques. La seconde pensée, basée sur les représentations mentales, les opinions et les sentiments des acteurs, intervient dans l'évaluation, par comparaison binaire, de l'impact d'une variable sur une autre. Ainsi la méthode MHM se base sur les processus cognitifs de chacun. De ce fait de nombreux biais cognitifs peuvent intervenir lors de la mise en œuvre de la méthode.

Plusieurs étapes composent la méthode (Saaty, 1984, Vaidya, 2006) :

1. définition du problème, des objectifs et des parties prenantes ;
2. décomposition hiérarchique du problème complexe en éléments simples ;
3. comparaison de chaque élément à l'aide de matrices de comparaison binaires ;
4. collecte des appréciations afin de développer l'ensemble des matrices ;
5. synthèse des appréciations (Agrégation) ;
6. pondération des éléments (Détermination des priorités) ;
7. évaluation de la cohérence des structures hiérarchiques ;

Ces étapes de la méthode vont maintenant être successivement détaillées.

6.2.2. Définition du problème, des objectifs et des parties prenantes

Cette étape essentielle a pour objectif de poser le problème à résoudre, de le positionner dans son environnement afin d'identifier de manière précise ses divers aspects et ses caractéristiques et d'identifier également les parties prenantes ou experts du processus de décision.

6.2.3. Décomposition hiérarchique du problème complexe en éléments simples

La seconde étape consiste à simplifier le problème complexe défini précédemment en le décomposant en critères et éléments simples et ce, de manière structurée et complète à l'aide de structures hiérarchiques.

La décomposition hiérarchique repose sur l'identification des éléments qui conditionnent la résolution du problème nommé objectif global en le structurant en fonction de critères et d'éléments. Chaque critère est à son tour décomposé en fonction d'un ensemble d'éléments qui le conditionnent, eux même pouvant être décrits par des sous-éléments. Le dernier niveau correspond aux actions opérationnelles ou aux alternatives à évaluer. Les différents niveaux de la structure sont donc interconnectés. (Saaty, 1984).

La construction des hiérarchies dépend principalement du type de décision qui est en jeu (Saaty, 1984). De ce fait, aucune règle précise n'est établie au préalable. Cependant certaines conditions essentielles doivent être respectées :

- Condition 1 : les éléments, d'un niveau donné, doivent être tous reliés à l'élément du niveau supérieur, le critère du niveau supérieur conditionnant l'évaluation de l'impact d'un élément sur la décision.
- Condition 2 : une structure hiérarchique doit intégrer les divers aspects et caractéristiques du problème ainsi que les objectifs visés de chaque acteur. Elle nécessite l'intégration de suffisamment de détails pertinents afin de donner la définition la plus complète du problème. La construction des structurations hiérarchiques dépend donc du problème à traiter.

Deux types de structurations hiérarchiques sont distingués : les hiérarchies structurelles et les hiérarchies fonctionnelles.

- *Les hiérarchies structurelles* décomposent les systèmes complexes, d'après les éléments définissant les propriétés structurelles tels que la taille, l'âge ou la couleur, selon un ordre décroissant.

- *Les hiérarchies fonctionnelles* décomposent quant à elles les systèmes complexes en éléments en fonction des relations essentielles reliant chacun d'eux. Elles sont qualifiées de complètes lorsque tous les éléments d'un même niveau partagent les propriétés qui caractérisent le niveau supérieur (Cf. Figure 24). D'autres sont désignées d'incomplètes dans la mesure où certains éléments d'un niveau donné ne partagent pas de propriétés communes (Cf. Figure 25). Ainsi, le critère d'un niveau ne fonctionne pas nécessairement comme un critère partagé par l'ensemble des éléments du niveau inférieur. Il est ainsi possible d'aboutir

à des sous hiérarchies n'ayant en commun que l'élément cible. Comme l'expose la figure 25, seul l'objectif global partage les mêmes critères, les critères 1 à n étant indépendants et définis selon des éléments spécifiques à ces derniers.

Dans une construction hiérarchique fonctionnelle, le niveau supérieur de la hiérarchie, dénommé *objectif global* correspond à un élément unique, dominant. Les niveaux suivants peuvent comporter chacun plusieurs *critères* ou éléments - de cinq à neuf. Chaque élément d'un niveau donné est comparé deux à deux, par rapport à l'objectif du niveau supérieur.

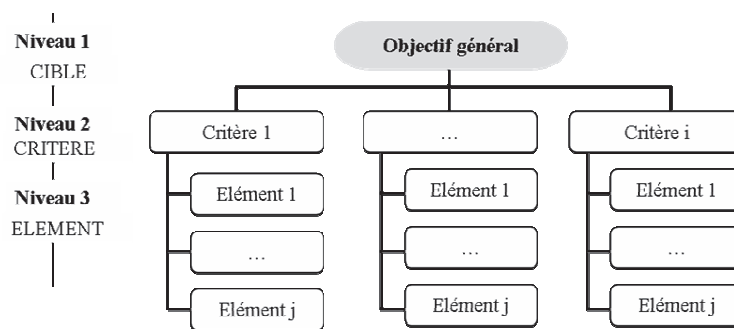


Figure 24 : Structuration hiérarchique simplifiée de type complète

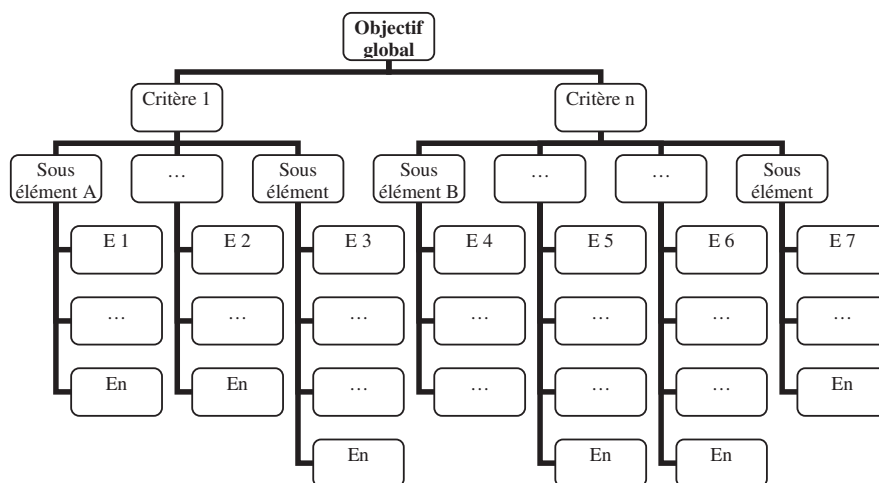


Figure 25 : Structuration hiérarchique complexe de type incomplète

Lorsque les structurations hiérarchiques sont créées, une matrice de comparaison binaire est définie pour comparer les éléments et les critères entre eux.

6.2.4. Comparaison de chaque élément à l'aide de matrice de comparaison binaire

Dans un problème de décision, les relations complexes entre différentes entités peuvent être étudiées selon une approche dite causale. Deux types de relations causales peuvent être définis :

- les relations causales de type symétrique (A influence B) : $A \rightarrow B$;
- les relations causales de type réciproque (les deux éléments s'influencent mutuellement) : $A \leftrightarrow B$.

L'analyse des relations causales des éléments, c'est à dire l'importance relative des éléments deux à deux par rapport au critère du niveau supérieur, s'effectue à l'aide de comparaisons binaires reposant sur une approche de type matricielle (Cf. figure 26). La comparaison des éléments, via une matrice de jugement, est l'étape préliminaire afin d'obtenir les priorités des éléments les uns par rapport aux autres.

C	E1	E2	...	Ei
E1	1	a1	a...	an
E2		1		
...			...	
Ei				1

Figure 26 : *Modèle de matrice pour comparaison binaire (Saaty, 1984)*

Pour compléter la matrice ci-dessus, les éléments de la colonne de gauche sont comparés successivement aux éléments de la ligne supérieure en fonction de l'objectif général. La comparaison, de type réciproque, peut être :

- soit favorable et positive, l'appréciation correspondra à une valeur entière ;
- soit défavorable et donc négative, l'appréciation sera exprimée à l'aide d'une fraction.

Le nombre d'appréciations que doit réaliser un expert pour compléter la matrice d'ordre n est égal à (n-1) en posant comme hypothèse de départ que les experts sont cohérents dans leur processus de pensée (Tixier, 2006). La moitié inférieure est ensuite déduite par hypothèse selon une relation inverse.

Chaque niveau de la structuration hiérarchique génère un ensemble de matrices permettant de réaliser les appréciations pour aboutir, au final, après agrégation des avis, à l'obtention des priorités globales du problème.

Sur la base des matrices créées précédemment, la quatrième étape correspond au recueil des avis des experts.

6.2.5. Collecte des appréciations afin de développer l'ensemble des matrices

La comparaison binaire des éléments s'appuie sur le jugement subjectif des experts. Saaty (1984) utilise une échelle numérique de comparaison binaire (Cf. Tableau 29). Les experts jugent, par exemple, si un élément possède - davantage, domine, influence, satisfait, profite, ou contribue davantage à – la propriété de l'élément auquel il est comparé. En cas de structurations hiérarchiques complexes, le recours à l'utilisation de questionnaires traduisant les matrices sous la forme de phrases, s'avère nécessaire.

Tableau 29 : Echelle numérique de comparaison binaire

Echelle	Définition	Explication
1	Importance égale des deux éléments	Les deux éléments contribuent de manière égale à l'explication de l'objectif
3	Faible importance d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent légèrement un élément par rapport à un autre
5	Importance forte ou déterminante d'un élément par rapport à un autre	L'expérience et l'appréciation personnelle favorisent fortement un élément par rapport à un autre
7	Importance attestée d'un élément par rapport à un autre	Un élément est fortement favorisé et sa dominance est attestée dans la pratique
9	Importance absolue d'un élément par rapport à un autre	Les preuves favorisant un élément par rapport à un autre sont aussi convaincantes que possible
2. 4. 6. 8.	Intermédiaire	Le compromis est nécessaire entre les deux appréciations afin d'affiner le jugement
Réciproques		
1/9. 1/5. 1/3. Si l'activité i se voit attribuer l'un des chiffres précédents lorsqu'elle est comparée à l'activité j , j a donc la valeur réciproque lorsqu'on la compare à i .		

Cette étape de collecte des appréciations est la plus controversée. En effet une des critiques majeures prononcées envers la méthode MHM porte sur l'échelle de jugement et sur le manque de prise en compte de l'incertitude des avis et des perceptions différentes des experts (Cheng, 1996). Comme souligné précédemment, de nombreux biais cognitifs peuvent intervenir et donc entraîner des erreurs dans la prise de décisions (Cheng, 1999).

Si collectivement, les experts ont un jugement biaisé, les évaluations ainsi que la décision finale seront altérées. De plus, la méthode MHM utilise des valeurs numériques pour recueillir l'avis des experts et non des variables linguistiques. (Chou, 2006 ; Chan, 2007). Certains auteurs (Laarhoven in Kwiesielewicz (1998)) ont intégré des règles de logique floues dans l'échelle de jugement des experts afin de prendre en compte l'aspect subjectif des décisions.

6.2.6. Synthèse des appréciations (Agrégation)

L'étape préalable avant l'obtention des priorités des éléments, correspond à l'agrégation des appréciations des d'experts. Différentes méthodes d'agrégation des avis existent.

Saaty (1984) préconise l'agrégation des jugements individuels en utilisant la moyenne géométrique. Xu (2000), utilise la moyenne géométrique pondérée pour agréger les avis. En effet, selon les experts interrogés, certains peuvent avoir plus d'influence que d'autres sur le processus de décision, il sera donc nécessaire de pondérer leurs implications.

Pour Forman (1998), l'agrégation des informations collectées peut se faire selon deux approches :

- (1) l'Agrégation des Jugements Individuels pour chaque comparaison binaire au sein d'une même matrice (AJI).
- (2) l'Agrégation des Priorités Individuelles (API)

Le choix entre ces approches se fait à l'aide de trois questions (Cf. Figure 27) :

- Q1 : Est-ce que les parties prenantes du processus de décision interrogées agissent en synergie ou de manière individuelle ?
- Q2 : Est ce que les individus prenant part au processus de décision ont une influence égale sur la décision ?

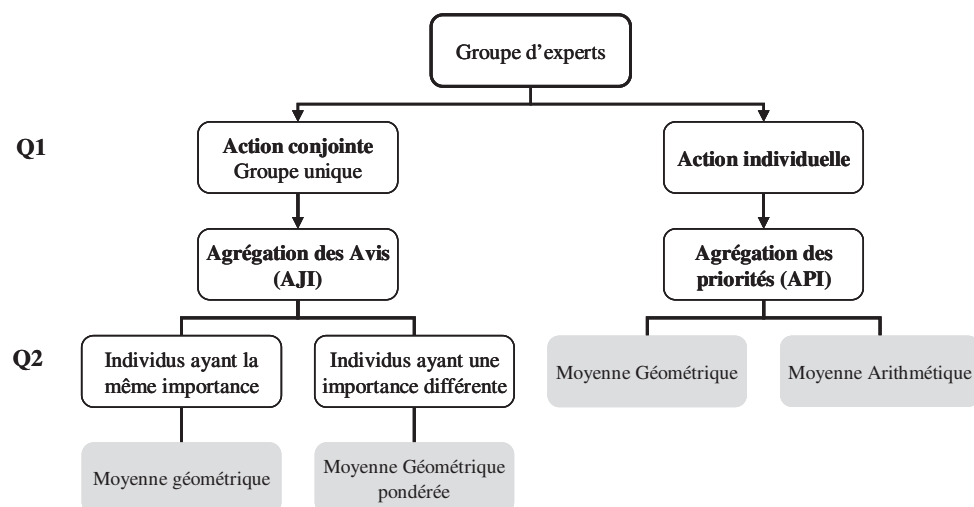


Figure 27 : Algorithme de choix de la méthode d'agrégation des avis

6.2.6.1. Agrégation des Jugements Individuels (AJI)

Cette approche la plus commune considère que les parties prenantes du processus de décision œuvrent en synergie et peuvent ainsi être apparentées à un individu unique. Traiter de multiples avis comme unique, requiert de satisfaire aux conditions de réciprocité pour les jugements (Forman, 1998, Aull-Hyde, 2006). L'agrégation des jugements individuels est réalisée à l'aide de la moyenne géométrique (Forman, 1998, Saaty, 1984) car elle permet de s'affranchir des valeurs extrêmes. Lorsque les experts influencent différemment le processus de décision, la moyenne géométrique pondérée est utilisée (Forman, 1998, Aull-Hyde, 2006). Dans ce cas, une matrice globale synthétisant les avis est établie. Les priorités sont ensuite déduites à partir de cette matrice globale.

6.2.6.2. Agrégation des Priorités Individuelles (API)

La deuxième méthode d'agrégation correspond à l'agrégation des priorités (AIP). Cette méthode est utilisée lorsque les experts interrogés n'œuvrent pas en synergie. Les priorités sont calculées sur chaque matrice individuelle, puis agrégées, à l'aide de la moyenne géométrique normalisée. Lorsque les membres du groupe n'ont pas le même poids dans le processus de décision, la moyenne géométrique pondérée est préconisée pour agréger les priorités.

Lorsque les priorités sont obtenues, l'étape suivante consiste à déduire, à l'aide de calcul matriciel, les pondérations de chaque élément.

6.2.7. Détermination des priorités des éléments (Pondération des éléments)

Les méthodes de comparaison par paire ont donc pour objectif d'aboutir à la pondération de l'importance d'un ensemble d'éléments. Classiquement, la pondération des éléments est obtenue selon la méthode des vecteurs propres (Saaty, 1984 ; Ramanathan, 2006) (Cf. Tableau 31). D'autres méthodes sont utilisées pour obtenir la pondération des éléments comme la moyenne géométrique en ligne (Escobar, 2004) ou la méthode de régression linéaire dont les résultats sont similaires lorsque les matrices sont cohérentes (Saaty, 1998 ; Dong, 2007).

Selon la méthode d'agrégation des avis retenue précédemment, deux processus aboutissant aux priorités de chaque critère et élément sont envisagés (Cf. Tableau 30).

Tableau 30 : Comparatif des deux méthodes d'agrégation des avis et de pondérations des éléments.

Cas 1 : Agrégation des avis	Cas 2 : Agrégation des priorités
1. Moyenne géométrique des avis pour chaque matrice de comparaison dans une matrice globale	1. Calcul des priorités sur chaque matrice individuelle
2. Calcul des priorités sur l'ensemble des matrices de synthèse	2. Moyenne géométrique des priorités.

Dans les cas 1, les vecteurs propres sont calculés à partir de la matrice de synthèse des avis comme l'expose le Tableau 31 avec a_1 , a_2 et a_3 , $1/a_1$, $1/a_2$, $1/a_3$ correspondant aux moyennes géométriques des avis individuels.

Dans l'hypothèse d'une agrégation des priorités (cas 2), a_1 , a_2 et a_3 , $1/a_1$, $1/a_2$, $1/a_3$ correspondent au jugement individuel. Le processus est inversé puisque la synthèse des avis par moyenne géométrique se fait sur les priorités obtenues pour chaque expert et non sur les avis collectés.

Les pondérations peuvent être obtenues ainsi (Cf. Tableau 31) :

Tableau 31 : Exemple d'obtention des pondérations

Objectif général	C1	C 2	C 3	Vecteurs Propres	VP normalisées
C1	1	a_1	a_2	X_1	X_A
C2	$1/a_1$	1	a_3	X_2	X_B
C3	$1/a_2$	$1/a_3$	1	X_3	X_C

Avec a_1 , a_2 et a_3 , $1/a_1$, $1/a_2$, $1/a_3$, jugement individuel des experts (Agrégation des priorités) ou jugements agrégés (agrégation des avis), X_1 , X_2 , X_3 , les valeurs propres de la matrice. Le vecteur propre (VP) de la matrice (X_1 , X_2 , X_3) est ensuite normalisé (X_A , X_B , X_C) afin que la somme des poids soit égale à 1.

La fonction de choix déduite s'écrit donc de la manière suivante :

$$OG = X_A \text{ Critère 1} + X_B \text{ Critère 2} + X_C \text{ Critère 3}$$

Avec $X_A + X_B + X_C = 1$.

La dernière étape de la mise en œuvre de la méthode MHM correspond à l'évaluation de la cohérence des jugements recueillis.

6.2.8. Evaluation de la cohérence des jugements des experts

Dans un problème de décision, il est important de connaître la cohérence des jugements afin de s'assurer que les décisions qui pourront être prises se fonderont sur un ensemble d'avis homogènes. Or, les appréciations des éléments se basent sur les sentiments et les représentations propres de chaque expert ce qui introduit de fait deux types d'incohérence.

- l'incohérence propre à chaque expert ;
- l'incohérence globale des experts.

Afin de savoir si les jugements des experts sont cohérents entre eux, Saaty (1984) préconise d'évaluer la cohérence des matrices à l'aide d'un ratio de cohérence. La valeur du ratio doit être égale ou inférieure à 10%. Au delà, les matrices sont qualifiées d'incohérentes et le résultat final de la décision en est biaisé. Le calcul permettant d'établir les ratios de cohérence est présenté en annexe II.1.

La méthode de décision multicritères de Saaty semble intéressante pour répondre à la problématique de thèse. En effet, elle permet d'appréhender un problème complexe, en l'occurrence une situation de crise, en le structurant en éléments simples. De plus, elle apporte une réponse quant à la création d'un critère unique de représentation de la situation. Mais une limite apparaît. En effet, l'estimation des critères et des éléments est uniquement basée sur le jugement d'expert. De plus, pour comprendre comment apparaissent et s'enchaînent les différents paramètres lors d'une crise, des liens de causalité doivent être établis, représentation que l'expert ne peut pas toujours réaliser du fait d'un nombre élevé d'interactions. Afin de pallier cette limite, des modélisations du processus de crise, basées, sur les réseaux de neurones sont envisagées.

6.3. Les réseaux de neurones

Les réseaux de neurones artificiels ont été introduits au début des années 40 afin de décrire et de modéliser les propriétés et le fonctionnement du cerveau. S'étant affranchis de cette vocation à modéliser les cerveaux biologiques, ils sont maintenant utilisés dans une optique "machine" afin de résoudre des problèmes posés par l'ingénieur. Les réseaux de neurones artificiels, ou formels, peuvent être utilisés dans de nombreux domaines emblématiques de l'intelligence artificielle tels que la reconnaissance d'images, l'analyse de données en ingénierie ou en médecine, la classification de données (Knerr, 1992) mais on peut également les utiliser avec grand profit dans les sciences de la terre : la prévision des crues (Johannet, 2006, b) ou la gestion des ressources en eaux (Yao, 2007).

Dans le domaine économique, les réseaux de neurones sont utilisés pour la mise en place de systèmes d'alertes précoces reposant sur une approche de type seuil (Kim, 2004) permettant d'anticiper les crises financières. Lorsqu'un indicateur, défini au préalable, dépasse une certaine valeur, le système d'alerte est activé.

Après avoir introduit la problématique de classification des données, les propriétés des neurones formels sont décrites dans un premier temps, puis les diverses architectures des réseaux de neurones ainsi que les règles d'apprentissages et les principes de la généralisation sont exposés.

6.3.1. La classification

Dans certains domaines industriels, les réseaux de neurones sont utilisés en tant que classifieurs : leur fonction est d'attribuer de manière automatique un objet à une classe définie au préalable. Par là même, il prend une décision. Dans un problème de classification, les données d'entrées et de sorties sont des grandeurs différentes : on trouve l'information à classifier en entrée, et le code de la classe en sortie.

Le problème de la classification peut être présenté ainsi. L'opérateur veut attribuer un objet (représenté par un vecteur d'entrée) à une classe d'appartenance. Dans le cas d'un classifieur à deux classes (c_1 ; c_2), la valeur de sortie pourra prendre la valeur 1 si l'objet est attribué à la classe c_1 , et la valeur 0 si il est attribué à la classe c_2 .

Afin d'illustrer, considérons le cas de la classification à deux classes (Cf. figure 28). Pour simplifier, et afin de le représenter dans un plan, le vecteur d'entrée décrivant les objets à classer comporte deux composantes : $E = (e_1, e_2)$. Si l'on représente l'ensemble des exemples E^k à classer dans l'espace défini par les entrées, tel que représenté en Figure 28, on peut distinguer deux types de configurations différents. Soit les deux classes peuvent être séparées

par une droite (Figure 28-a), ou un hyperplan en dimension supérieure à 2, soit les classes ne peuvent être séparées ainsi et seule une fonction non linéaire peut effectuer la séparation des deux classes (Figure 28-b). Le premier cas est appelé "linéairement séparable", et ne nécessite pas l'utilisation des réseaux de neurones, le second cas est appelé "non linéairement séparable" et peut être résolu avec efficacité par ces derniers.

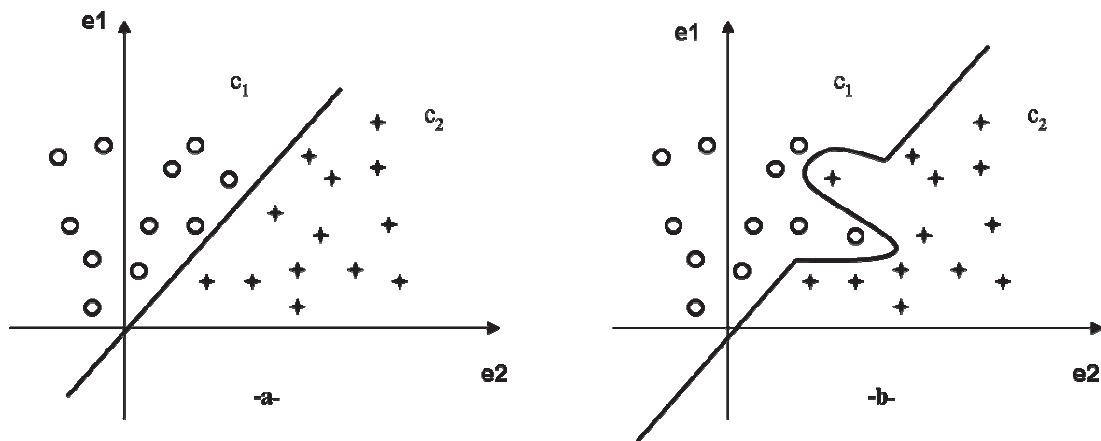


Figure 28 : Problème de classification à deux classes

6.3.2. Les neurones formels : définition et propriétés

Le neurone formel est un opérateur élémentaire recevant des entrées (E) et délivrant une sortie (S). Un neurone est composé de trois entités comme représenté en Figure 29.

- les unités d'entrées (E) correspondant aux variables e_1, e_2, e_n sur lesquelles opère le neurone ;
- les coefficients synaptiques, notés θ_i , qui pondèrent chacune des entrées e_i .
- l'unité de sortie (S) qui donne la « réponse » du réseau au signal d'entrée.

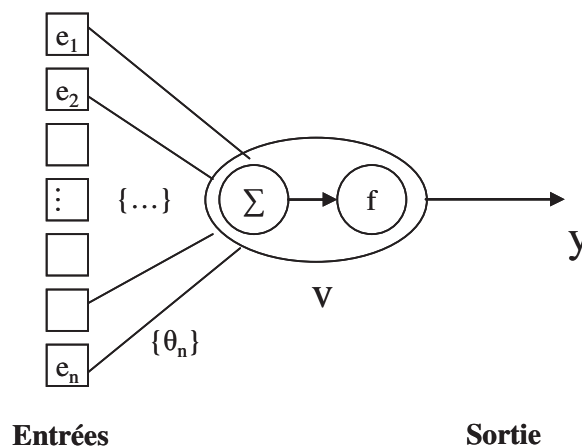


Figure 29 : Représentation figurée d'un neurone formel (Dreyfus, 2002 ; Johannet, 2006, a)

Les unités E et S sont reliées par un neurone qui réalise une succession d'opérations mathématiques. Le neurone formel effectue la somme pondérée de ses entrées par ses coefficients synaptiques (Σ), appelée "potentiel", puis une transformation non linéaire de ce potentiel par une fonction nommée fonction d'activation (f). La sortie correspond donc à une transformation non linéaire de ce potentiel (Cf. Eq.1) :

$$S = f(v) = f(\theta_0 + \sum_{i=1}^n \theta_i e_i) \quad [\text{Eq.1}]$$

Avec e_i correspondant aux n entrées du neurone, v le potentiel, S la sortie, θ_i , les coefficients synaptiques, et θ_0 , un coefficient particulier, connecté à une entrée constante : le biais, qui assure que lorsque toutes les entrées sont nulles, la sortie n'est pas nécessairement nulle.

Il existe deux types de neurones formels : les neurones statiques et les neurones dynamiques pour lesquels le temps a un rôle fonctionnel.

6.3.1.1. Les neurones formels statiques

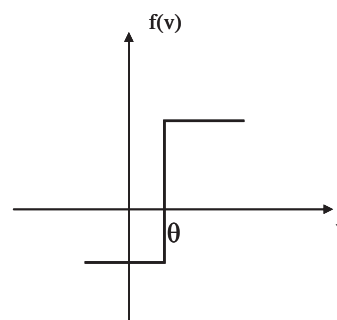
Dans ce type de neurones, le temps n'intervient pas. Deux types de fonction d'évaluation f sont associés :

La fonction de type seuil : le neurone de McCulloch et Pitts (Cf Figure 30, a).

Ce modèle de neurones est de type statique binaire. Le neurone décide de l'état de sa sortie selon une fonction seuil : si la somme pondérée des entrées est supérieure à la valeur du seuil, l'état de sortie du neurone passe ou reste à la valeur +1, dans le cas contraire, la valeur passe ou reste à la valeur -1 (Cf. Figure 30). La fonction d'évaluation s'exprime de la manière suivante (Cf.Eq.2.) :

[Eq.2]

$$f(v) = \begin{cases} -1 = 0 & \text{si } v < \theta \\ +1 = 1 & \text{si } v \geq \theta \end{cases}$$



Fonction de type seuil

Figure 30 : Fonction d'évaluation de type seuil

La fonction sigmoïde

Cette fonction est l'équivalent de la fonction seuil lors de certains apprentissages pour lesquels la fonction d'évaluation du neurone doit être dérivable (Cf. Figure 31). L'expression de cette fonction est la suivante (Cf. Eq.3) :

[Eq.3]

$$f(v) = \frac{1}{1 + \exp(-v)}$$

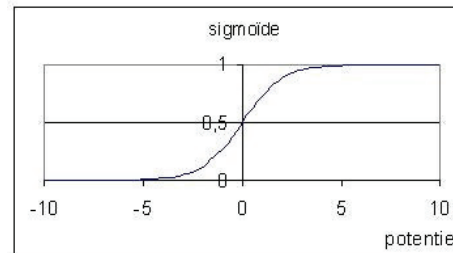


Figure 31 : Fonction d'évaluation de type sigmoïde

6.3.1.2. Les neurones formels dynamiques

Afin de modéliser l'évolution de certains processus dans le temps, les neurones dits dynamiques intègrent ce paramètre. Les valeurs temporelles interviennent soit de manière discrète, soit de manière continue. A chaque cas est associée une fonction d'activation f (Johannet, 2006, a).

Considérons le cas des neurones dynamiques à temps discret, leur potentiel se calcule de la manière suivante :

$$v(t) = \sum_{j=1}^d \theta_j e_j(t) \quad [\text{Eq.4}]$$

Ils actualisent leur sortie à l'instant $t+1$ selon l'équation aux différences suivante :

$$s(t+1) = f(v(t)) \quad [\text{Eq.5}]$$

6.3.3. Architecture des réseaux de neurones

L'architecture d'un réseau de neurones est le graphe des connexions des neurones entre eux. Il en existe plusieurs sortes, desquelles découlent des propriétés différentes. Le choix de l'architecture du réseau dépend du problème à traiter et plus particulièrement :

- des comportements dynamiques (bouclage ou non bouclage) ;

- de la complexité des opérations à réaliser (présence de neurones intermédiaires dits cachés entre les entrées et les sorties) ;
- du choix de la fonction d'activation.

Quatre types de réseaux de neurones sont définis à partir des critères énumérés ci-dessus.

- les réseaux non bouclés avec des neurones cachés ou non cachés ;
- les réseaux de neurones bouclés comprenant des neurones cachés ou non cachés.

6.3.3.1. Les réseaux de neurones non bouclés ou réseau statique

Les réseaux non bouclés réalisent une transformation non linéaire entre les entrées et les sorties. Ces derniers peuvent être soit uni-couche soit multicouches. Ils sont dits statiques car le temps n'intervient dans la résolution du problème.

- **Les réseaux non bouclés à une seule couche** (Cf. Figure 32) :

Un réseau est non bouclé lorsque l'information circule des entrées vers les sorties sans bouclage. Les réseaux peuvent être constitués de n_s neurones de sortie (Cf. Figure 32).

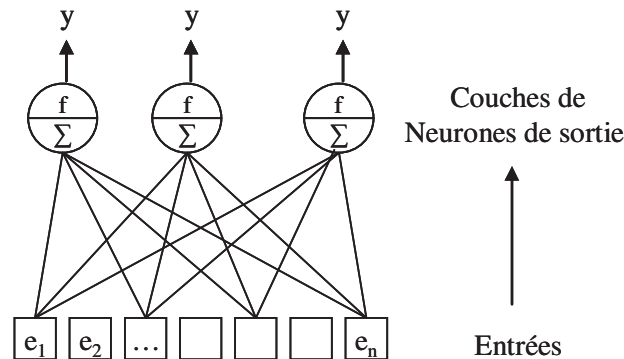


Figure 32 : Réseau de neurones non bouclé à une couche

- **Les réseaux non bouclés multicouche** (Cf. Figure 33) sont organisés en couches comme leur nom l'indique. L'architecture la plus répandue est celle du Perceptron Multicouches, spécialement utilisé pour classifier des données.

Selon le problème à résoudre, l'identification de fonction ou la classification, les neurones de sortie auront une fonction d'activation linéaire (Figure 33-a) pour déterminer une sortie continue, ou sigmoïdale, pour effectuer une prise de décision entre deux classes (Figure 33-b).

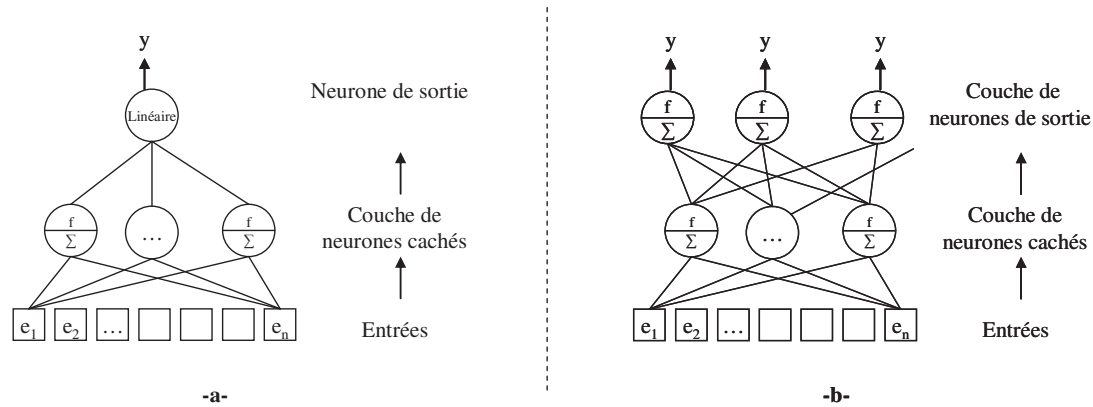


Figure 33 : Réseaux de neurones non bouclés mult-icouches

6.3.3.2. Les réseaux de neurones bouclés ou réseaux dynamiques

L'architecture des réseaux de neurones peut être de type bouclé, la sortie de certains neurones est alors renvoyée sur certaines entrées de la couche inférieure. Ce bouclage confère ainsi au réseau une propriété dynamique lui permettant de prédire l'évolution des états d'un objet.

Les réseaux de type bouclé, composés de neurones à temps discret, sont représentés sous une forme particulière dite canonique (Nerrand, 1993). Ils sont alors composés d'un réseau statique et d'un retard temporel reporté à l'extérieur, noté t (Cf. Figure 34)

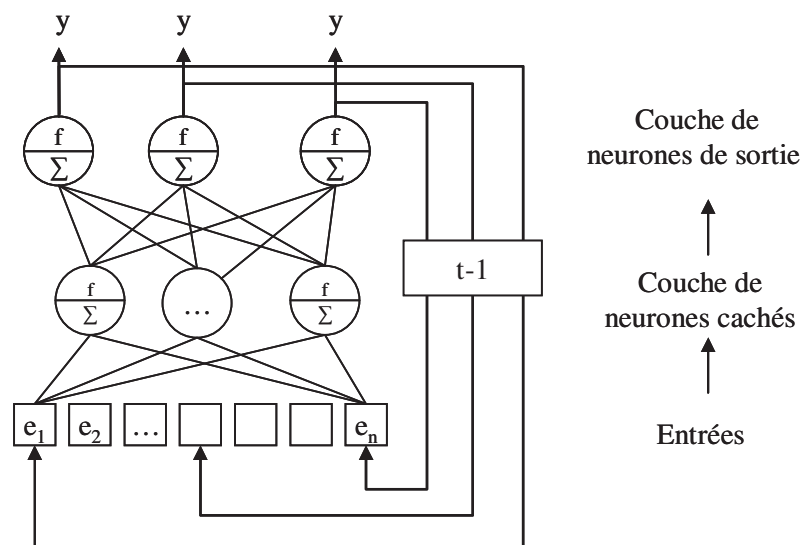


Figure 34 : Forme canonique des réseaux de type bouclé

6.3.3.3. Propriété fondamentale des réseaux de neurones : l'approximation universelle parcimonieuse

La propriété fondamentale des réseaux de neurones est l'approximation universelle parcimonieuse. Cette expression traduit deux propriétés distinctes : d'une part les réseaux de neurones sont des approximateurs universels, et, d'autre part, une approximation à l'aide de réseau de neurones nécessite en général, moins de paramètres ajustables que les approximateurs usuels (polynômes) (Dreyfus, 2002).

La propriété d'approximation universelle des réseaux statique, peut s'énoncer ainsi (Cybenko, 1989 ; Funahashi, 1989 ; Rivals, 1995 ; Stoppiglia, 1997) « *pour toute fonction déterministe suffisamment régulière, il existe au moins un réseau de neurones non bouclé, possédant une couche de neurones cachés et un neurone de sortie linéaire, qui réalise une approximation de cette fonction et de ses dérivées successives, au sens des moindres carrés, avec une précision arbitraire.* »

Cette propriété s'applique au réseau représenté ci-dessus (Figure 33 –a).

Lorsque l'on cherche à modéliser un processus à partir de données, on recherche toujours à obtenir des résultats les plus satisfaisants possibles avec un nombre minimum de paramètres ajustables. Hornik (1994) a démontré que (Stoppiglia, 1997) :

« *Si le résultat de l'approximation (sortie du réseau de neurones) est une fonction non linéaire des paramètres ajustables, elle est plus parcimonieuse que si elle est une fonction linéaire de ces paramètres. De plus, pour les réseaux de neurones à fonction d'activation sigmoïdales, l'erreur commise dans l'approximation varie comme l'inverse du nombre de neurones cachés, et, elle est indépendante du nombre de variables de la fonction à approcher. Par conséquent, pour une précision donnée, donc pour un nombre de neurones cachés donné, le nombre de paramètres du réseau est proportionnel au nombre de variable de la fonction à approcher.* ».

C'est grâce à cette propriété fondamentale que de nombreux travaux sur l'identification de fonction sont réalisés avec des réseaux de neurones ; ces derniers pouvant être vus comme une brique de base de l'identification en non linéaire. Il est cependant nécessaire de préciser que la propriété d'approximation universelle n'est qu'une preuve d'existence, elle ne donne pas d'éléments aidant à trouver la solution.

6.3.4. La notion d'apprentissage

Après avoir présenté les notions de bases sur les réseaux de neurones, cette section sera consacrée à la notion d'apprentissage des réseaux de neurones de type classifieur.

Lorsque l'architecture générale du réseau est définie, il est nécessaire de déterminer les coefficients synaptiques afin que le réseau de neurones remplisse au mieux la tâche qui lui est affectée, par exemple le calcul de la fonction non linéaire séparatrice représentée en Figure 28-b. Cette tâche est réalisée par l'apprentissage.

6.3.4.1. Apprentissage supervisé/ non supervisé

L'apprentissage peut être qualifié de supervisé ou de non supervisé. Afin d'expliciter la notion d'apprentissage de type supervisé, le recours au modèle professeur - élèves peut être intéressant (Cf. Figure 35).

De façon conceptuelle, d'un côté, il existe un professeur, dénommé superviseur, sachant attribuer un objet à une classe sans connaître la relation existante entre les données d'entrées du problème et leurs sorties. De l'autre, l'élève détient seulement les données d'entrée. Si l'élève et le professeur sont exposés à une même entrée, le professeur est capable d'indiquer la réponse désirée. L'élève devra ajuster ses paramètres afin de donner la même réponse que le professeur. Il concevra les données de sortie en « prenant exemple » sur le superviseur. Le classifieur-élève déterminera et apprendra les différentes relations possibles. Cet ajustement correspond à l'apprentissage, réalisé de manière itérative, afin de minimiser l'erreur entre les réponses désirées par le professeur et les réponses fournies par l'élève (Personnaz, 2003).

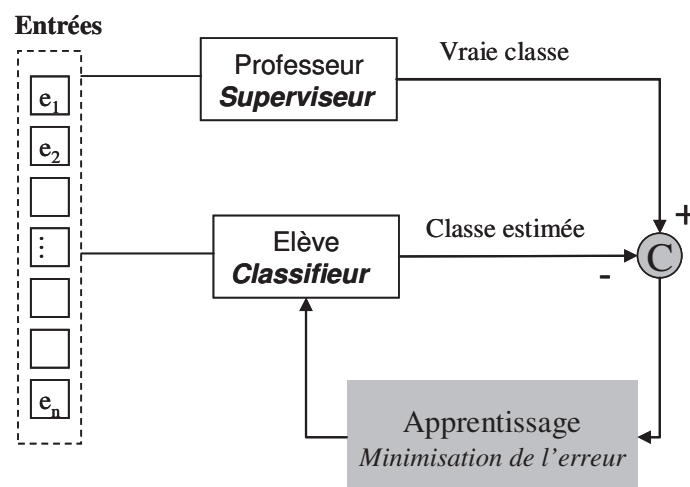


Figure 35 : Représentation figurée de l'apprentissage professeur - élève

Or une certaine erreur entre les sorties désirées (données professeur) et les données de sortie obtenues peut apparaître. Cette différence appelée plus simplement erreur peut être diminuée à l'aide d'algorithmes de minimisation ou règles d'apprentissages en minimisant une fonction de coût.

A contrario, dans le cas d'un traitement non supervisé, les objets n'ont pas été classés au préalable par le professeur ou le superviseur. Seules les valeurs d'entrées sont disponibles, le réseau adapte ses paramètres en fonction des critères statistiques ou de distances définies *a priori*.

6.3.4.2. La fonction coût

L'objectif de l'apprentissage est de déterminer sur la base des N exemples noté $N = \{x_k, y_p^k\}_{k=1 \text{ à } n}$, la valeur des coefficients synaptiques θ afin que les données de sorties soient les plus proches possibles des données d'entrée présentées (objectif fixé). Plus précisément, cette étape va se faire en minimisant la fonction de coût J calculée à partir de l'ensemble d'apprentissage constitué des couples $\{x^k, y_p^k\}_{k=1 \text{ à } n}$, - couples de données d'entrées et de données de sorties. La fonction de coût quadratique s'exprime ainsi :

$$J = \frac{1}{2} \sum_k (y_p^k - y^k)^2 \quad [\text{Eq.6.}]$$

Où y_p^k est la sortie désirée par le professeur, et y^k la sortie calculée par le réseau.

La minimisation de la fonction coût s'effectue à l'aide d'une règle d'apprentissages.

6.3.4.3. Règles d'apprentissage ou algorithmes de minimisation de l'erreur des réseaux multicouches

Plusieurs algorithmes de minimisation de la fonction de coût sont définis (Striker, ; Personnaz) : parmi ceci, on peut citer l'algorithme de Levenberg-Marquardt, la descente du gradient, la méthode Newton ou la méthode de quasi Newton. Du choix de l'algorithme dépend la méthode choisie pour minimiser la fonction coût.

La rétropropagation

Afin de définir l'hypersurface séparant plusieurs classes dans un espace, une des premières règles a été énoncée par Rumelhart (1986). Il s'agit de la rétropropagation. L'objectif de cette règle est de minimiser la fonction de coût précédemment définie.

Pour ce faire, les fonctions d'évaluation des neurones cachés sont de type sigmoïdales, les neurones de la couche de sortie sont constitués de fonctions de type linéaire.

La rétropropagation est un algorithme de descente de gradient dans lequel les poids des vecteurs sont ajustés dans le sens du gradient négatif de la fonction coût. Le terme de rétropropagation signifie que le gradient est calculé, puis que les incréments aux coefficients sont calculés depuis la couche de sortie en se propageant vers la couche d'entrée.

La règle de Levenberg-Marquardt.

La méthode de Levenberg- Marquardt (Levenberg, 1944 ; Marquardt, 1963 ; Stoppiglia, 1997) consiste à minimiser la fonction de coût selon une règle utilisant le gradient de deuxième ordre. Elle effectue un compromis entre la direction du gradient de premier ordre qui est appliqué au début de l'apprentissage et le gradient de second ordre qui est appliqué vers la fin de l'apprentissage. Cette règle est actuellement la plus efficace.

6.3.5. La généralisation

La capacité du réseau à généraliser ce qu'il a appris à des exemples inconnus est appréciée grâce à l'ensemble de test, ou de validation : on évalue les performances du réseau sur un ensemble d'exemples nouveaux jamais présenté au réseau en apprentissage. La généralisation est conditionnée à la fois par les règles d'apprentissage choisies et les classes définies au préalable. Une difficulté qui se produit souvent est le problème du sur-apprentissage. Ce dernier peut apparaître lors de la phase d'apprentissage. Le réseau "apprend par cœur" et se spécialise par rapport à l'ensemble d'apprentissage. Ceci peut donner des résultats mauvais en phase de test ou d'évaluation lorsque des exemples inconnus du réseau lui sont présentés.

Afin d'éviter ce problème, deux méthodes ont été définies pour optimiser la phase d'apprentissage : *le leave one out* et *l'early stopping*.

6.3.5.1. Le leave one out

La méthode de la validation croisée, autrement appelée "Leave one out" permet d'estimer les performances du classifieur et de sélectionner le modèle le plus adéquat pour répondre à la problématique de départ.

Pour se faire, la base d'apprentissage est scindée en P parties de taille égale. L'apprentissage du modèle est ainsi réalisé sur l'ensemble total des exemples hormis un des sous ensembles P, ce dernier sera utilisé pour la validation comme l'expose la figure ci-dessous (Cf. Figure 36). Ce travail doit être réalisé P fois, en faisant tourner tous les ensembles P.

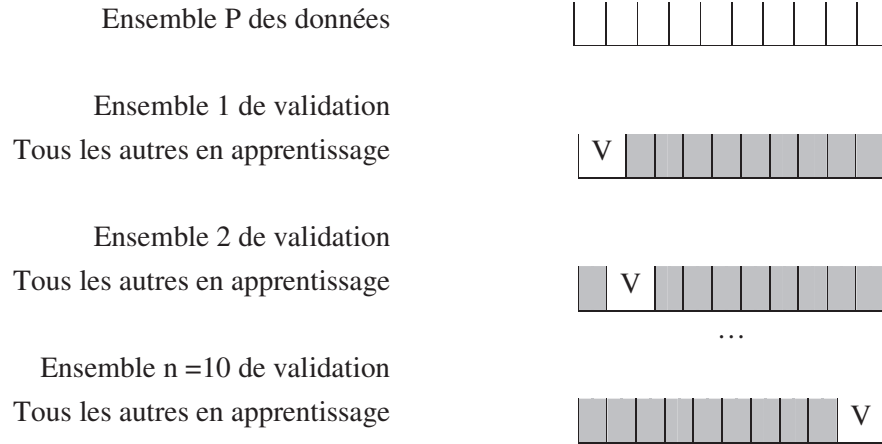


Figure 36 : Principe de la validation croisée

En faisant augmenter le nombre de neurones cachés, l'erreur quadratique moyenne de validation croisée $EQMVC_P$ est notée pour chaque partition. Dans le cas où l'ensemble P est égal à un seul exemple mis à disposition, la méthode est celle du « leave one out » et l'erreur quadratique moyenne « un sorti » (EQMUS) correspond à l'erreur quadratique moyenne de la validation croisée des N exemples ($EQMVC_N$).

L'estimation EQMUS s'exprime ainsi :

$$EQMUS = EQMVC_N = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_p^k - y^k)^2 \quad [\text{Eq. 7}]$$

Le score « un sorti » semble être l'estimateur le moins biaisé et de variance la plus faible (Personnaz, 2002)

La recherche de l'architecture optimale s'effectue en partant d'un modèle multicouches et en augmentant progressivement le nombre de neurones de la couche cachée. La performance du modèle ou « score de validation » s'obtient à partir de la moyenne des erreurs quadratique calculée, le modèle optimal étant celui qui présente la moyenne de l'EQMUS la plus faible.

Une des difficultés de cette méthode réside dans le temps de calcul nécessaire qui dans le cas du "leave one out" est d'autant plus grand que le nombre de cas d'apprentissage est grand.

6.3.5.2. L'early Stopping

Afin de privilégier le modèle le plus régulier, plusieurs techniques de régularisation existent comme l'*early stopping* et la pénalisation de la fonction coût. Dans cette étude, seule la première technique est envisagée.

L'*early stopping* consiste à arrêter l'apprentissage avant qu'il ne commence à s'ajuster au bruit ou aux cas particuliers contenus dans les exemples d'apprentissage. L'apprentissage est réalisé jusqu'au moment où les performances sur l'ensemble de validation atteignent un minimum comme l'illustre la figure 37 (Monari, 1999).

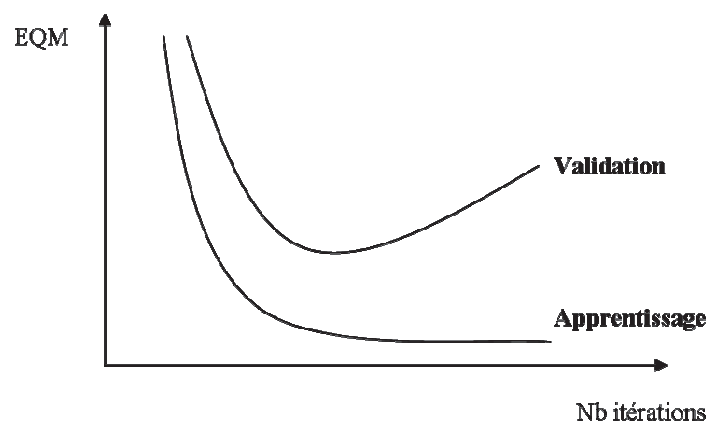


Figure 37 : Evolution typique des performances d'apprentissage et de validation

6.3.6. Réalisation d'un classifieur

La réalisation d'un classifieur se décompose donc en quatre étapes :

- la constitution de la base de données d'entrée et de sortie. Généralement, cette base est scindée en deux : une partie servant pour l'apprentissage du réseau (base d'apprentissage), la seconde pour tester le modèle (base de test) ;
- la construction de l'architecture du réseau ;
- le paramétrage du réseau par apprentissage ou choix du modèle optimal ;
- la phase de généralisation ou de reconnaissance.

Lors d'un problème de classification, on va souhaiter que le réseau de neurones réussisse à bien classer une donnée, même si cette dernière n'a jamais été présentée lors de la phase d'apprentissage. Cette propriété du réseau est la généralisation, elle va donner tout son intérêt au classifieur neuronal.

La performance du classifieur séparateur pour plus de deux classes est estimée sur l'ensemble test ou sur l'ensemble du *leave one out* à partir des pourcentages suivants :

- % de test bien classés ;
- % de teste mal classés ;
- % de test non classés.

Conclusion - Synthèse

La gestion d'une crise est assimilée à un problème de décision. En effet, les acteurs, dont l'objectif est de gérer la crise et de limiter les dommages, désirent trouver des stratégies optimales afin de mettre en place leur action. Afin de les accompagner dans leur démarche et de préparer les décisions des gestionnaires, une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur est proposée. Le développement du système de veille et de gestion s'appuie sur des méthodes d'aide à la décision afin de structurer et de se faire émerger les éléments de réponses aux questions que se posent les décideurs. Dans le cadre de cette étude, deux outils de modélisation des décisions ont été choisis.

La première approche retenue, la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty, basée sur le recueil des avis d'expert, apporte une structuration et une organisation des informations d'évaluation des trois représentations systémiques. En outre, elle permet d'agréger ces informations en un critère unique de synthèse, qui dans le cas présent correspond au potentiel de crise.

La seconde méthode retenue : les réseaux de neurones semblent intéressante car elle permet d'associer de manière non-linéaire la valeur du potentiel d'une situation donnée à une classe définie au préalable.

L'utilisation de ces deux approches permet notamment de réaliser une comparaison afin de dégager les avantages et les inconvénients de chacune d'elles.

Chapitre 7

Mise en place de la méthode d'aide à l'anticipation et la gestion des crises de grande ampleur

« Connais-toi toi-même, connais ton ennemi, ta victoire ne sera jamais mise en danger. Connais le terrain, connais ton temps, ta victoire sera alors totale. »

Sun Tzu, *L'Art de la Guerre*.

-
- 7.1. Principes généraux de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur
 - 7.2. Les échelles d'évaluation du système de crise
 - 7.3. Création de la base de données
 - 7.4. Définition du potentiel de crise au travers de l'utilisation de la méthode de Saaty
 - 7.6. Définition du potentiel de crise au travers de l'utilisation des réseaux de neurones
-

Introduction

Le chapitre 5 a mis en évidence les éléments d'évaluation du système global de crise. Le chapitre 6 a exposé les deux approches choisies pour mettre en place le système de veille stratégique du territoire. Ce présent chapitre expose le développement de la méthode d'aide à la décision et son application sur des situations passées.

L'évaluation du potentiel de crise repose sur la quantification des paramètres définissant les quatre indicateurs. Pour ce faire, des échelles de cotation des paramètres sont définies.

Afin d'appliquer les deux outils d'aide à la décision, une base de données regroupant dix-huit retours d'expérience analysés selon l'approche systémique et quantifiés au travers des échelles de cotation, est créée.

7.1. Principes généraux de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur

Le potentiel de crise résulte de l'agrégation de quatre indicateurs principaux que sont : (CF. Figure 38) :

- l'indicateur de vulnérabilité initial du territoire représentant l'état initial ;

Cet indicateur englobe les informations disponibles sur les aléas auxquels est soumis un département, le niveau de vulnérabilité des enjeux vis-à-vis de ces derniers et la vulnérabilité des organisations. Il est établi en amont, en phase de prévention et de planification par les organisations gestionnaires.

- l'indicateur relatif à l'évènement déclencheur (perturbation) ;
- l'indicateur relatif aux conséquences sur les enjeux ;
- l'indicateur permettant de représenter la capacité de réaction des organisations.

Les indicateurs relatifs aux événements déclencheurs, aux conséquences et aux capacités de réaction des organisations, sont établis en temps réel sur la base des informations collectées par les organisations.

La différence fondamentale entre les quatre états possibles de la situation repose sur la notion de facteurs aggravants. Ainsi, à chaque indicateur est associée une quantité de facteurs aggravants. La détection de ces paramètres permet d'anticiper sur une amplification potentielle de la situation vers un état supérieur.

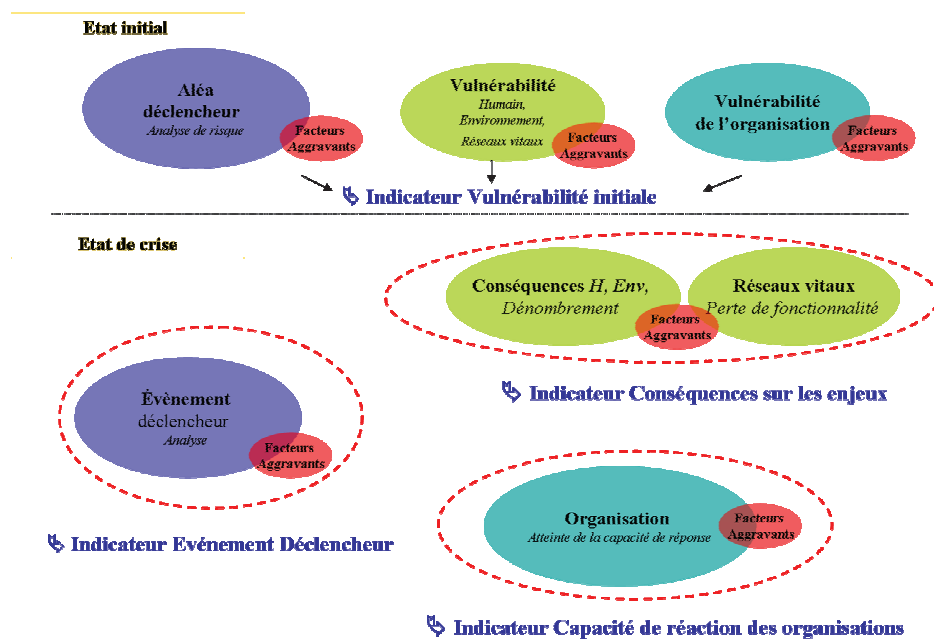


Figure 38 : Le potentiel de crise et les quatre indicateurs

L'évaluation du potentiel de crise d'une situation, en temps réel, repose sur la quantification des paramètres d'évaluation des modèles 1, 2 et 3. Pour ce faire, des échelles de cotation des critères sont définies. Elles permettent de traduire les informations qualitatives contenues dans les retours d'expérience en données quantitatives. A ce titre, elles jouent un rôle essentiel dans la définition du potentiel de crise.

7.2. Les échelles d'évaluation du système de crise

Les retours d'expérience s'appuient sur des échelles de cotation en vue de quantifier les conséquences lors d'événements industriels (Barpi, 2004), naturels (Granot, 1995) et terroristes (Frykberg, 2002). Pour cette étude, seize échelles de cotation sont créées. Par convention, chaque paramètre a été borné dans l'intervalle (0 ; 1).

7.2.1. L'indicateur événement déclencheur

Selon les événements, les paramètres d'évaluation diffèrent.

7.2.1.1. Les crises industrielles

La cinétique

En s'appuyant sur l'étude faite par l'INERIS (Fontaine ; 2004) sur la hiérarchisation des scénarios dangereux en fonction de la cinétique de réalisation du phénomène dangereux, trois durées de réalisation simplifiées sont retenues : instantanée, quelques heures et quelques jours. Elles sont valables pour les quatre phénomènes pris en compte (Cf. Tableau 32).

Tableau 32 : Cotation de la cinétique

Cinétique (CIN)	Cotation
Instantanée	1
Qq heures	0.5
Qq jours	0,5

La gravité du phénomène

La quantification de la gravité des phénomènes industriels s'appuie sur les niveaux définis par le BARPI (2004). Cette dernière comprend six niveaux. Par mesures de simplification d'utilisation, quatre niveaux ont été retenus et ce pour les quatre type de phénomènes dangereux (Cf. Tableau 33).

Tableau 33 : Echelle de cotation de la gravité pour des phénomènes industriels

Gravité (GRAV)					
Incendie		Explosion (Eq TNT)		Pollution Aquatique	
0,1% < Q < 1%	0.25	0,1t < Q < 1t	0.25	0,1% < Q < 1%	0.25
1% < Q < 100%	0.5	1t < Q < 50t	0.5	1% < Q < 100%	0.5
1 à 10 fois le seuil	0.75	50t < Q < 500t	0.75	1 à 10 fois le seuil	0.75
> 10 fois le seuil	1	Q > 500t	1	> 10 fois le seuil	1

L'importance spatiale

Ce critère permet d'évaluer l'importance spatiale du phénomène. Quatre niveaux sont retenus. Les deux premiers niveaux concernent l'échelle de la commune, le troisième, celle du département, le dernier correspondant à les phénomènes touchant plusieurs départements (Cf. Tableau 34).

Tableau 34 : *Echelle du critère importance spatiale*

Importance spatiale (IMP S)	
0-10 km2	0.25
10-1000 km2	0.5
1 000- 10 000 km2	0.75
> 10 000 km2	1

Les effets domino

Les effets domino sont pris en compte de deux manières : soit à l'instant t (effet domino réalisé ou non), soit lors de l'anticipation de l'évolution du phénomène et ce en terme de probabilité de réalisation (Cf. Tableau 35).

Tableau 35 : *Echelle de cotation pour les effets domino*

Effet Domino (EFF D)	
Réalisé	
<i>oui</i>	1
<i>non</i>	0
Anticipation	
<i>Probabilité faible</i>	0.25
<i>Probabilité moyenne</i>	0.5
<i>Probabilité élevée</i>	0.75

La connaissance détenue

Pendant la gestion de la crise, les acteurs pourront évaluer la quantité et la qualité de la connaissance dont ils disposent. Quatre niveaux sont définis (Cf. Tableau 36)

Tableau 36 : *Echelle de cotation de la connaissance détenue par les acteurs*

Connaissance (CONN)	
<i>Non disponible</i>	1
<i>Disponible mais fausse</i>	0.5
<i>Disponible mais insuffisante</i>	0.5
<i>Disponible et correcte</i>	0

7.2.1.2. Les crises naturelles**Le niveau de vigilance**

La quantification du potentiel danger de phénomènes naturels s'appuie sur les quatre niveaux de vigilance (verte, jaune, orange ou rouge) émis par Météo France (Cf. Tableau 37).

Tableau 37 : Echelle de vigilance météorologique

Niveau vigilance	Forte précipitation	Vent violent	Canicule	Neige – verglas	Orage	Grand froid
Verte	0	0	0	0	0	0
Jaune	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Orange	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Rouge	1	1	1	1	1	1

Tableau 38 : Echelle pour le critère vigicrue.**Critère Vigicrue**

De la même manière, le critère vigicrue utilisé lors de phénomènes orageux ou de fortes pluies s'appuie sur les quatre niveaux définis par les services du SHAPI (Cf. Tableau 38).

Niveau Vigicrue	
Verte	0
Jaune	0,33
Orange	0,66
Rouge	1

7.2.1.3. Les crises terroristes

Le potentiel danger des actes terroristes est évalué selon sept critères que sont le nombre d'actes, le délai entre les actes, la localisation, la cinétique, la gravité, la présence de sur-accident, et l'importance spatiale.

Le nombre d'actes

Dans la logique actuelle de l'hyper terrorisme, les attentats sont de type multiple. La multiplicité des actes est un critère d'aggravation du potentiel danger. Deux niveaux sont définis : acte unique ou actes multiples (Cf. Tableau 39).

Tableau 39 : Cotation du nombre d'actes terroristes

Nombre	
Unique	0,5
Multiples	1

Le délai

Dans le cas de multiples attentats à la bombe par exemple, les explosions peuvent être simultanées, survenir avant l'arrivée des secours ou se produire lors les secours sont présents sur site. Trois niveaux ont donc été pris en compte (Cf. Tableau 40)

Tableau 40 : Cotation du délai entre les actes terroristes.

Délais	
Simultanéité	0.6
Avant arrivée des secours	0.8
Après arrivée des secours	1

La localisation

L'étude des événements du 11 septembre, de Madrid et de Londres a fait ressortir le critère de localisation des actes. Les terroristes visent à déstabiliser les populations mais également les acteurs. Ainsi, les multi attentats peuvent avoir lieu au même endroit ou dans des lieux différents (Cf. Tableau 41).

Tableau 41 Cotation de la localisation des actes terroristes.

Localisation	
Même localisation	0.6
Même territoire de compétence	0.6
Territoires de compétences différents	1

La cinétique

Trois types de cinétique sont définies pour les actes terroristes : instantanée dans le cas d'explosion, rapide ou lente dans le cas d'acte mettant en jeu des matières chimiques ou biologiques (Cf. Tableau 42).

Tableau 42 : Cotation de la cinétique des événements terroristes

Cinétique	
Instantanée	1
Rapide	0.75
Lente	0.25

La présence de sur-accident

Les premiers actes terroristes peuvent provoquer des sur-accidents comme par exemple l'effondrement de structures bâtementaires. La présence de sur-accident sera cotée 1, dans le cas contraire 0 (Cf. Tableau 43).

Tableau 43 : Cotation des sur-accidents

Sur Accident	
oui	1
non	0

Les critères *gravité*, *importance spatiale* et *connaissance* sont cotés de manière identique que les crises industrielles.

7.2.2. L'indicateur conséquences**7.2.2.1. Les conséquences humaines**

Les critères relatifs aux conséquences humaines peuvent être évalués selon les échelles suivantes (Cf. Tableau 44). Elles s'appuient sur les niveaux établis par l'échelle européenne des accidents (Barpi, 2004).

Tableau 44 : Echelle de cotation des conséquences humaines

Morts	UA - Evacués	UR	Impliqués	Potentiels
0-1 0	0 10 0	1 20 0	<2000 0	<2000 0
2 10 0.33	10 100 0.33	20 -200 0.33	2000 - 5000 0.33	2000 - 5000 0.33
10 49 0.66	100 200 0.66	201 - 999 0.66	5000 - 10000 0.66	5000 - 10000 0.66
>50 1	>200 1	>1000 1	> 10000 1	> 10000 1

7.2.2.2. Les conséquences environnementales

Les cinq critères environnementaux sont quantifiés en fonction de la surface impactée. Quatre niveaux sont définis (Cf. Tableau 45).

Tableau 45 : Echelle de cotation des conséquences environnementales

T Artificialisés	T Agricoles	Forêts	Zones Humides	Surfaces en eau
0,1 < S < 2 0	0,1 < S < 2 0	0,1 < S < 2 0	0,1 < S < 2 0	0,1 < L < 2 0
2 < S < 50 0,33	2 < S < 50 0,33	2 < S < 50 0,33	2 < S < 50 0,33	2 < L < 50 0,33
50 < S < 200 0,66	50 < S < 200 0,66	50 < S < 200 0,66	50 < S < 200 0,66	50 < L < 200 0,66
> 200 1	> 200 1	> 200 1	> 200 1	> 200 1

7.2.2.3. Les conséquences sur les réseaux vitaux

La quantification des conséquences sur les réseaux vitaux s'effectue selon la combinaison de l'atteinte du réseau (nulle, partielle, dégradée ou totale), la durée de la dégradation (court terme - quelques jours-, moyen terme -quelques jours à plusieurs semaines-, ou long terme - plusieurs semaines à plusieurs mois- (Cf. tableau 46)). La dégradation est également modulée en fonction de l'importance du réseau sur le fonctionnement de la société. En effet, un réseau peut desservir soit une commune, un département ou bien avoir une influence au niveau européen comme par exemple les grands axes autoroutiers. Les conséquences sur les réseaux vitaux s'expriment ainsi : (niveau de l'atteinte + la durée) * le niveau d'influence du réseau.

Tableau 46 : Echelle de cotation des conséquences sur les réseaux vitaux

Atteinte	Durée	Influence du Réseau
<i>nulle</i> 0	<i>court terme</i> 0.33	<i>communale</i> 0,2
<i>partielle</i> 0,33	<i>moyen terme</i> 0.66	<i>départementale</i> 0,4
<i>dégradée</i> 0,66	<i>long terme</i> 1	<i>régionale</i> 0,6
<i>totale</i> 1		<i>nationale</i> 0,8
		<i>européenne</i> 1

7.2.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations

La quantification de la capacité de réaction des organisations repose sur le niveau d'atteinte de ces derniers lors de la crise. Elle est qualifiée de nulle, partielle, dégradée ou totale (Cf. Tableau 47).

Tableau 47 : *Echelle de cotation de l'atteinte des capacités de réaction des organisations*

Atteinte	
Nulle	0
Partielle	0,33
Dégradée	0,66
Totale	1

7.2.4. Les facteurs aggravants

La présence d'un facteur aggravant lors de la gestion de la situation de crise sera noté +1.

7.3. Création de la base de données

Afin d'appliquer la méthode d'aide à la décision, une base de données regroupant des situations passées, est mise en place. Chaque retour d'expérience est analysé selon une approche systémique, puis quantifié en fonction des échelles présentées précédemment. Enfin, le comportement de ces situations est évalué selon l'avis d'expert.

7.3.1. Présentation des retours d'expérience

Pour cette étude, dix-huit retours d'expériences (REX) de situations d'origine naturelle, industrielle et terroriste sont retenus. Les quatre types de comportement – incident, accident majeur, crise conventionnelle et crise de grande ampleur- du modèle 1 sont retrouvés. Des événements ayant eu lieu à l'étranger sont intégrés comme par exemple l'ouragan Katrina ou le tsunami en Asie.

Le troisième type de crise inclu, a trait aux actes terroristes. En effet, cette problématique est actuellement au cœur des préoccupations de la société civile. La prise en compte de ces événements est motivée par le fait qu'ils ont marqué la communauté internationale par l'ampleur et la gravité des conséquences.

Les cas retenus sont les suivants :

- l'exercice européen Euratech (section 1.1.3.1 et annexe I-1) ;
- les Inondations de 2005 dans le Gard (section 1.3.1.2. et annexe I2) ;
- l'accident du tunnel du Mont Blanc, le 24 mars 1999 (section 3.1.1 et annexe I-3) ;
- le naufrage du pétrolier Erika, le 12 décembre 1999 (section 3.1.2. et annexe I-4) ;
- les tempêtes de décembre 1999 (section 3.1.3 et annexe I-5) ;
- les attentats terroristes du 11 septembre aux Etats-Unis (section 3.1.4 et annexe I-6) ;
- l'explosion de l'usine AZF le 21 septembre 2001 (section 3.1.5. et annexe I-7) ;
- les Inondations de septembre 2002 dans le Gard (section 3.1.6. et annexe I-8) ;
- l'épisode de Canicule de l'été 2003 (section 3.1.7.) ;
- les attentats terroristes de Madrid du 11 mars 2004 (section 3.1.8. et annexe I-9) ;
- le tsunami en Asie, le 26 décembre 2004 (section 3.1.9)
- les attentats terroristes de Londres, du 12 juillet 2005 (section 3.1.10);
- L'ouragan Katrina en Août 2005 (section 3.1.11. et annexe II- 11) ;

Afin d'obtenir une base de données assez conséquente pour appliquer les deux méthodes, cinq autres cas sont ajoutés à ces treize retours d'expériences présentés au chapitre 3 :

- le crash du Concorde le 25 juillet 2000 ;
- un accident de transport de matières dangereuses sur l'autoroute A9 ;
- les explosions du dépôt pétrolier de Buncefield ;
- les inondations de 2003 dans les Bouches du Rhône ;
- les intempéries de neige dans le nord est de la France en janvier 2003 ;

7.3.1.1. L'accident du Concorde

La prise en compte d'un accident de type collectif, et plus particulièrement celui du Concorde le 25 juillet 2000, est motivée par le fait que cet événement a été perçu de manière différente par les acteurs. En effet, cet événement est un bon exemple pour illustrer les différences de représentation créées par les acteurs. Lors de l'évocation de cet accident avec les services de secours, ces derniers l'ont qualifié d'accident collectif. En effet, les actions mises en place étaient de type réflexe, les victimes étant toutes décédées, aucun problème majeur n'était apparu. Mais pour les décideurs, la société française et les médias, le retentissement de l'accident fût grand : le pilote était l'un des plus chevronnés et le Concorde était un des symboles de la technologie française. Cet événement a été considéré comme une crise minime. L'encart ci-dessous présente le synopsis de l'accident.

Le 25 juillet 2000, le Concorde affrété par Air France pour effectuer un vol à destination de New York, s'écrase quelques minutes après le décollage sur un hôtel à Gonesse. Cent treize personnes périront dans ce crash et six personnes seront blessées. L'accident du Concorde a été surmédiatisé du fait que l'appareil représentait un symbole de l'aviation française mais également par la notoriété du commandant de bord (un des plus éminents pilotes de ligne). La gestion de l'accident du Concorde par les moyens de secours n'ayant posé aucun problème important, cet événement n'est pas qualifié de crise mais il nous est apparu important de le prendre en compte car il constitue un cas limite dans l'étude des crises de grande ampleur par le fait que le nombre de morts a été important et ce immédiatement (Hennebuis, 2004 ; BEA, 2001). Le complément du retour d'expérience est présenté en annexe II-1

7.3.1.2. L'accident de transport de matières dangereuses sur l'autoroute A9

Un accident de transport de matières dangereuses ayant eu lieu dans le Gard en juin 2004.

Vers 22h30, un camion citerne espagnol a percuté l'arrière d'un poids lourd à l'entrée d'un pont sur l'autoroute A9, dans le sens Nîmes – Montpellier. Le premier semi-remorque a effectué un tête-à-queue avant de s'embraser. Le chauffeur légèrement blessé, a pu s'extraire du véhicule. Les pompiers sont intervenus sur site vingt minutes après la collision. Lors de la phase de reconnaissance, les pompiers n'ont pu identifier le produit, la plaque danger ayant brûlé. De plus, le chauffeur n'avait à sa disposition aucun document concernant le produit transporté (Données personnelles).

7.3.1.3. Les intempéries 4-5 janvier 2003

Dans la nuit du 4 au 5 janvier 2003, des chutes de neige intenses ont paralysé les autoroutes de l'est de la France.

Avec les premières chutes de neige de la saison en plaine et le refroidissement brutal de température associé, la circulation routière a été fortement perturbée durant le week-end du 4 et 5 janvier 2003 correspondant à la vague de retour des vacances scolaires. Ceci a concerné principalement le quart nord-est de la France. Ce sont surtout les autoroutes A10 et A11 dans leur arrivée en région parisienne qui ont subi les plus grosses perturbations : une véritable situation de crise va s'installer dans la nuit du 4 au 5 janvier. Plus de 60 000 véhicules vont être

concernés et un nombre important d'usagers (30 000 personnes) vont passer la nuit bloqués dans leur voiture. (Cf. Annexe II- 2)

7.3.1.4. Les inondations de 2003 dans les Bouches du Rhône

Entre le 30 novembre et le 5 décembre 2003, le Rhône en aval de Lyon a connu une crue exceptionnelle tandis que la plupart de ses principaux affluents méditerranéens subissaient des crues moyennes à fortes. Cet événement a causé des dégâts matériels importants et infligé de lourdes pertes aux activités économiques. Plus particulièrement, la ville d'Arles dans les Bouches du Rhône, placée en vigilance orange dès le 30 novembre, à 15h00, a été entièrement inondée. Cet événement a entraîné des dommages matériels importants.

7.3.1.5. L'accident de Buncefield au Royaume Unis

Le 11 décembre 2005, vers 6h01, a lieu une première explosion suivie d'un incendie qui embrasse vingt-et-un grands réservoirs du dépôt pétrolier de Buncefield à 40 km de Londres. L'explosion est entendue jusqu'à 160km et les effets sismiques sont classés au niveau 2,4 sur l'échelle de Richter. A 6h08, les secours sont alertés. A 6h27 et 6h28, deux explosions subséquentes se produisent. Les 12 et 14 décembre, de nombreuses fuites se produisent au niveau des bacs de rétention, les polluants s'écoulant hors du site. Le 14 décembre, l'incendie est maîtrisé après 60h de lutte menée par 600 pompiers. Un tiers des 35 000m³ d'hydrocarbures stockés sur site se sont échappés des bacs et ont été détruits dans l'incendie (Barpi, 2006). (Cf. Annexe II.3)

Cet événement ayant eu lieu au Royaume –Unis, certaines informations concernant la gestion de l'évènement par les acteurs ont fait défaut.

La base de données contient actuellement huit retours d'expérience de situation d'origine naturelle, sept événements d'origine industrielle ou d'accidents collectifs et trois actes terroristes.

7.3.2. Quantification des retours d'expérience

Chaque retour d'expérience présenté précédemment est analysé selon les critères ciblés, puis quantifié en fonction des échelles. L'ensemble des cotations établies pour les dix-huit retours d'expérience est présenté en annexe II-3. Par manque de données précises de certains retours d'expérience, quelques cotations, et plus particulièrement pour l'indicateur capacité de réactions des organisations, sont approximées au vu des informations disponibles.

7.3.3. Cotation des retours d'expérience selon l'avis d'expert

La gravité des dix-huit retours d'expérience, est qualifiée par jugement d'expert selon une échelle allant de 1 à 8. Cette échelle permet de prendre en compte les quatre comportements. La retranscription des avis est la suivante : les niveaux 1 et 2 correspondent aux incidents, les niveaux 3 et 4 aux accidents majeurs, les niveaux 5 et 6 déterminent les crises conventionnelles et les niveaux 7 et 8, les crises de grande ampleur. Le résultat final résulte de la moyenne géométrique des avis collectés. La synthèse des résultats est présentée au tableau 48.

Tableau 48 : Résultats des avis d'expert pour la qualification des retours d'expérience

Retours d'expérience	Avis d'experts
Neige 2003	Incident
Mont Blanc	Incident
Concorde	Incident
TMD A9	Incident
Inondation 2005	Accident majeur
Inondation 2003	Accident majeur
Erika	Accident majeur
Euratech	Accident majeur
Buncefield	Accident majeur
Tempêtes 1999	Crise conventionnelle
Inondation 2002	Crise conventionnelle
Canicule	Crise conventionnelle
AZF	Crise conventionnelle
Madrid	Crise conventionnelle
Londres	Crise conventionnelle
Katrina	Crise de grande ampleur
Tsunami	Crise de grande ampleur
WTC	Crise de grande ampleur

Au vu des résultats, quatre situations sont qualifiées d'incident, cinq évènements d'accident majeur, six cas correspondent à des crises conventionnelles et trois situations sont perçues comme des crises de grande ampleur par les experts.

7.4. Définition du potentiel de crise au travers de l'utilisation de la méthode de Saaty

Le potentiel de crise d'une situation donnée est évalué par le biais de la méthode de décision multicritères de Saaty. Le résultat escompté correspond à une valeur unique. Pour se faire, il est nécessaire dans un premier temps de décomposer l'objectif global en fonction de l'information présentée au chapitre 5.

7.4.1. Le potentiel de crise

Selon la représentation systémique de la crise proposée au chapitre 5, l'évaluation du potentiel de crise se fait au travers de la quantification de quatre indicateurs, eux même fonction de critères et d'éléments que sont l'indicateur conséquences (IND Cq), l'indicateur *évènement déclencheur* (IND EvD), l'indicateur capacité de réaction des organisations (IND ORG) et l'indicateur vulnérabilité initiale du territoire (IND VIT).

La structuration hiérarchique globale proposée, et ce pour les trois types de crises étudiées, est présentée en figure 42.

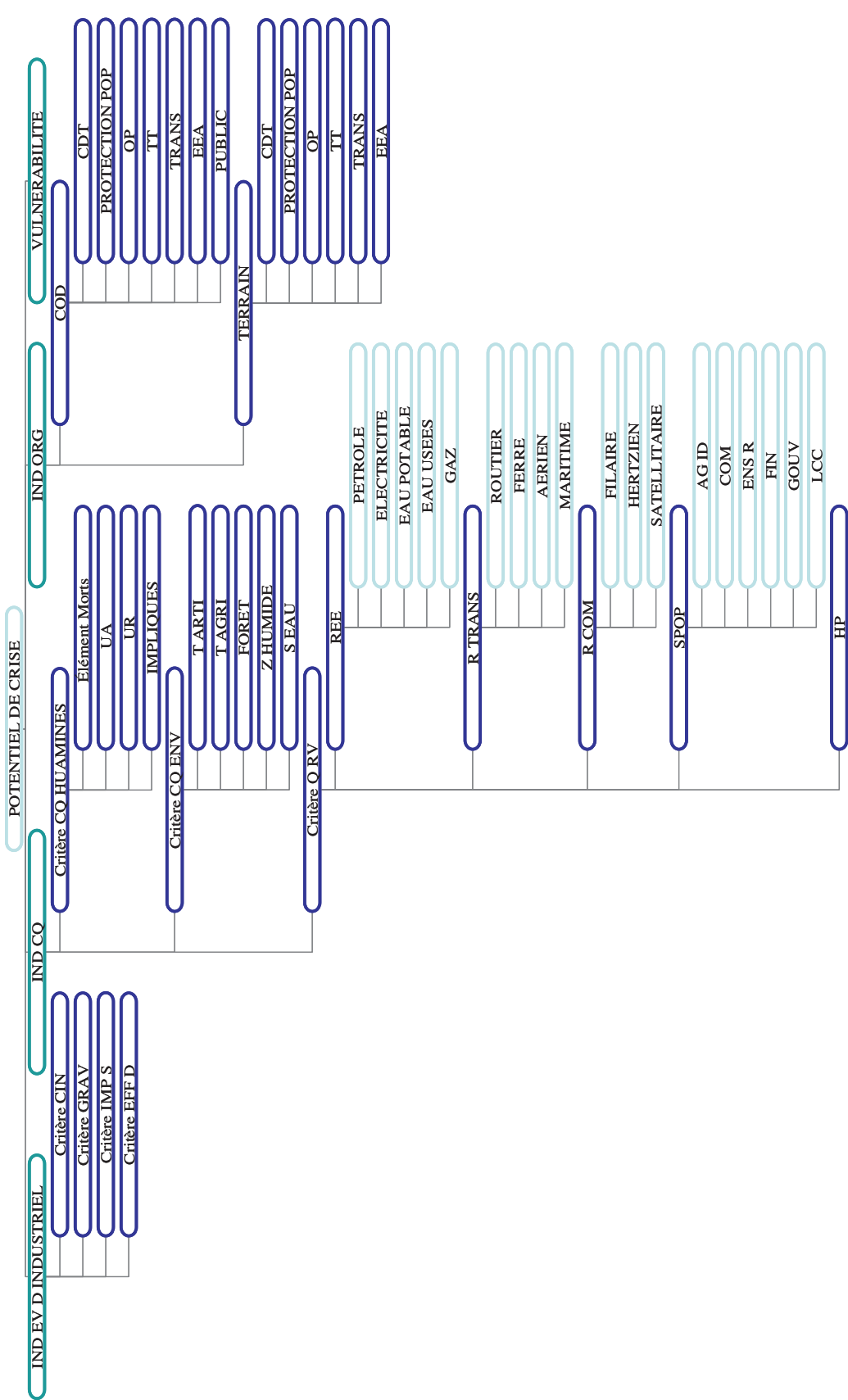


Figure 39 : Structuration hiérarchique générale

Le niveau supérieur de la structuration hiérarchique, commune aux trois types de crise, est la suivante (Cf. Figure 40).

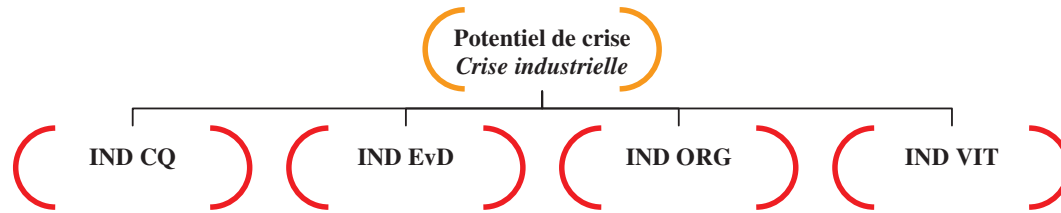


Figure 40 : Niveau supérieur de la structure hiérarchique permettant l'évaluation du potentiel de crise.

A cette structuration hiérarchique est associée une matrice de comparaison binaire permettant de recueillir le jugement des experts (Cf. Tableau 49). La matrice du potentiel de crise est identique selon les trois types de crises. Seule la matrice établie pour les crises d'origine industrielle est présentée. L'ensemble des matrices et des fonctions pour les deux autres types de crises est présenté en annexe II-4)

Tableau 49: Matrice de comparaisons binaires établie pour évaluer le potentiel de crise

<i>Matrice (I.1)</i>	IND CQ	IND EvD	IND ORG	IND VIT	Vecteur Propre
IND CQ	1	x ₁	x ₂	x ₃	a _{1-I}
IND EvD		1	x ₄	x ₅	a _{2-I}
IND ORG			1	x ₆	a _{3-I}
IND VIT				1	a _{4-I}

La fonction d'évaluation du potentiel de crise d'origine industrielle (PC) relative à la matrice M.1.1. s'écrit selon l'expression suivante :

$$PC = \mathbf{a_{1-I}} \text{ Ind}_{CQ} (1 + \text{ratio Fa}) + \mathbf{a_{2-I}} \text{ Ind}_{EvD} (1 + \text{ratio Fa}) + \mathbf{a_{3-I}} \text{ Ind}_{Org} (1 + \text{Fa}_{Org}) + \mathbf{a_{4-I}} \text{ Ind}_{VIT} \quad [\text{Eq.1.1}]$$

a_{1-I}, **a_{2-I}**, **a_{3-I}**, **a_{4-I}**, correspondent aux facteurs de pondération respectivement de l'indicateur conséquences, de l'indicateur événement déclencheur, de l'indicateur capacité de réaction des organisations et de l'indicateur vulnérabilité initiale du système.

L'évaluation du potentiel de crise se fait également au travers d'une quantification des facteurs aggravants présents ou apparaissant lors de la gestion de la situation. Ainsi, les quatre indicateurs sont modulés par un ratio de facteurs aggravants, le nombre de paramètres aggravants étant variable pour chaque indicateur.

7.4.2. L'indicateur événement déclencheur

Les critères pris en compte pour évaluer la gravité de l'évènement déclencheur sont différents selon la nature de la crise.

7.4.2.1. Les crises industrielles

Quatre phénomènes dangereux pouvant survenir sur un site industriel ou lors de transport de matières dangereuses sont retenus.

- les explosions de type BLEVE, UVCE ou explosion de poussières ;
- les incendies ;
- une pollution atmosphérique provenant d'une dispersion de matières dangereuses à la suite d'une explosion ou d'un incendie ;
- les pollutions issues du rejet de substances dangereuses.

A ceux-ci, s'ajoutent également les accidents collectifs tels que les crashes d'avions.

Les critères retenus pour évaluer le potentiel danger sont identiques pour l'ensemble des quatre phénomènes.

L'évaluation de la gravité de l'évènement déclencheur de type industriel se fonde sur la quantification du potentiel danger. Quatre critères principaux pondérés par les experts sont retenus :

- la cinétique (CIN) du phénomène dangereux ;
- la gravité ou quantité de matière mise en jeu (GRAV) ;
- l'importance spatiale du phénomène (IMPS) ;
- la présence ou la probabilité d'apparition d'effet domino (EFF D).

Un cinquième critère relatif au niveau de connaissance détenu par les acteurs, est inclu. Les intervenants ont besoin d'information pour établir un état des lieux de la situation. Or en situation de crise ces informations peuvent être indisponibles, disponibles mais fausses, disponibles mais insuffisantes, disponibles et correctes. De cette quantité d'information dépend la qualité de la connaissance que détiennent les acteurs. Par le biais de ce critère, les acteurs présents en cellule de crise pourront ainsi évaluer le niveau d'incertitude de l'environnement.

La fonction de quantification [Eq. 2.1.] associée à la matrice M2.1. est la suivante :

$$IND_{EVD\ IND} = (b_{1-1} (CIN) + b_{2-1} (GRAV) + b_{3-1} (IMP\ S) + b_{4-1} (EFF\ D)) + (CONN) \quad [Eq. 2.1.]$$

Avec b_{1-I} , b_{2-I} , b_{3-I} , b_{4-I} correspondent aux poids des éléments dans la détermination de l'indicateur EvD.

L'indicateur Evd est également modulé par un ratio définissant la quantité de facteurs aggravants présents au moment de la gestion de l'évènement.

Les REX, ont permis de mettre en évidence trois facteurs pouvant aggraver un accident industriel :

- une connaissance relative au risque insuffisante ;
- une difficulté à identifier les causes primaires de l'évènement ;
- une méconnaissance des installations industrielles (matières dangereuses présentes sur site, scenarios de risque, ...).

Le ratio des facteurs aggravants obtenu s'écrit de la manière suivante :

$$\text{Ratio Fa Ind Ev} = n/3,$$

n correspondant à la quantité totale de facteurs aggravants.

7.4.2.2. Les crises naturelles

L'évaluation du potentiel danger des crises de type naturel se base sur les niveaux de vigilance émis par les services de Météo France. Six phénomènes dangereux sont pris en compte dans cette étude :

- les vents violents à l'origine des tempêtes de type décembre 1999 ;
- les fortes précipitations et les orages pouvant être à l'origine d'inondations de plaines, de type Cévenoles ou de type urbains ;
- la neige ou le verglas ;
- la canicule ;
- les grands froids.

La gravité du phénomène naturel est établie selon trois critères :

- le niveau de vigilance établi par Météo France ;
- l'importance spatiale du phénomène ;
- le niveau de la vigilance hydrologique dans le cas de phénomènes d'orages ou de fortes pluies entraînant des crues et des inondations.

L'évaluation du niveau de gravité des événements déclencheurs type neige-verglas, canicule, grands froids et vents violents s'écrit selon la fonction suivante (Cf. Eq 2.2.) :

$$IND_{Evd NAT} = (b_{1-N}(\text{Vigilance Météo}) + b_{2-N}(\text{IMPS})) + (\text{CONN}) \quad [\text{Eq. 2.2}]$$

Dans le cas de phénomènes orageux ou de fortes pluies pouvant provoquer les crues des cours d'eau et à terme des inondations, la fonction d'évaluation de la gravité de l'évènement déclencheur est la suivante (Eq. 2.2. bis) :

$$IND_{Evd NAT} = (b_{1-N}(\text{Vigilance Météo}) + b_{2-N}(\text{IMPS}) + b_{3-N}(\text{Vigi crue}) + (\text{CONN})) \quad [\text{Eq. 2.2 bis}]$$

De la même manière que précédemment, un critère d'état de la connaissance non pondérée est associé.

Les facteurs aggravants relatifs aux évènements naturels sont au nombre de trois. Ils concernent :

- une connaissance relative au risque insuffisante ;
- une difficulté à identifier les causes primaires de l'évènement ;
- une connaissance insuffisante de la source de danger ou des produits mis en jeu.

Le ratio des facteurs aggravants s'exprime ainsi :

$$\text{Ratio Fa Ind Ev} = n/3.$$

7.4.2.3. Les crises intentionnelles

Les analyses des attentats du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis, les attentats de Madrid en mars 2004 et ceux de Londres en juillet 2005 ont permis de définir sept critères d'évaluation de la gravité de l'évènement déclencheur :

- le nombre d'évènements d'actes ou de bombes explosives ;
- la localisation des évènements lors d'attentats multiples ;
- le délai temporel entre les actes ;
- la cinétique de l'évènement ;
- la gravité ou quantité de matière libérée ;
- la présence de sur-accident de type industriel ou autre comme par exemple l'effondrement de structures bâtementaires à la suite d'un premier acte ;
- la spatialité de la zone impactée.

La structuration hiérarchique ainsi que la matrice M.2.3. associée à l'indicateur évènement déclencheur de type intentionnel sont présentées en annexe II.4.

La fonction de quantification associée s'exprime ainsi (Cf. Eq.2.3) :

$$IND_{EvD} = (b_{1-T} (NBEV) + b_{2-T} (LOC) + b_{3-T} (DELAI) + b_{4-T} (CIN) + b_{5-T} (GRAV) + b_{6-T} (SACC) + b_{7-T} (IMPS)) + (CONN) \quad [Eq.2.3]$$

7.4.2.4. Les facteurs aggravants

Les facteurs aggravants relatifs aux événements déclencheurs de type intentionnels sont au nombre de trois. Ils concernent :

- une connaissance relative au risque insuffisante ;
- une difficulté à identifier les causes primaires de l'évènement ;
- une connaissance insuffisante de la source de danger ou des produits mis en jeu.

7.4.3. L'indicateur conséquences sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

Lors de la gestion de la situation potentiellement crisogène, les services de secours ont besoin d'avoir en permanence une évaluation des conséquences et des besoins afin de dimensionner leurs moyens et leurs actions, et de demander si nécessaire, des renforts. Pour ce faire, la gravité des conséquences est évaluée au travers de l'indicateur conséquences globales une quantification des critères suivants :

- les conséquences sur enjeux humains (HUM) ;
- les conséquences sur les enjeux environnementaux (ENV) ;
- les conséquences sur les réseaux vitaux (RV).

Par souci de clarté, seules les formules associées aux crises industrielles sont présentées, celles correspondant aux crises naturelles et industrielles sont exposées en annexe II-4.

Le niveau supérieur de la structuration hiérarchique correspondant à l'indicateur conséquences est la suivante (Cf. Figure 42). Celle-ci est valable pour les trois types de crises.

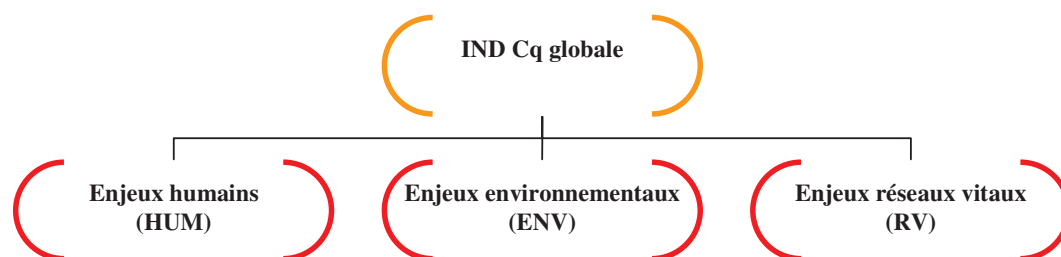


Figure 41 : Structuration hiérarchique permettant l'évaluation de l'indicateur conséquences

La fonction décrivant la structuration hiérarchique ci-dessus est la suivante :

$$\text{IND Cq} = \mathbf{c}_{1-I} (\text{HUM}) + \mathbf{c}_{2-I} (\text{ENV}) + \mathbf{c}_{3-I} (\text{RV}) \quad [\text{Eq.3.1}]$$

7.4.3.1. Les enjeux humains

Quatre catégories de conséquences humaines sont prises en compte :

- les morts ;
- les urgences absolues (UA) ;
- les urgences relatives (UR) ;
- les impliqués.

Selon la cinétique de l'évènement déclencheur, les conséquences peuvent évoluer dans le temps. Pour anticiper leurs actions, les acteurs quantifient, sur la base d'analyses de vulnérabilité, les conséquences potentielles. Ce critère non pondéré par les experts, permettra d'adapter au mieux les moyens avec les besoins de la crise.

La fonction [Eq. 3.1.1.] décrivant les conséquences humaines dans le cas d'une crise industrielle s'exprime ainsi :

$$E_{\text{Humain}} = (\mathbf{d}_{1-I} (\text{Morts}) + \mathbf{d}_{2-I} (\text{UA}) + \mathbf{d}_{3-I} (\text{UR}) + \mathbf{d}_{4-I} (\text{Impliqués})) + E_{\text{Potentiels}} \quad [\text{Eq. 3.1.1.}]$$

7.4.3.2. Les enjeux environnementaux

Cinq critères sont retenus pour évaluer les conséquences environnementales :

- les territoires artificialisés (T Arti) ;
- les territoires agricoles (T Agri) ;
- les forêts et milieux naturels (Forêts) ;
- les zones humides (Zone H) ;
- les surfaces en eau (S_{eau}).

La fonction d'évaluation [Eq.3.2.1.] associée à la matrice de comparaison M3.2.1. des conséquences est la suivante (Cf. Annexe II.4) :

$$E_{ENV} = (e1-I (T \text{ Arti}) + e2-I (T \text{ Agri}) + e3-I (\text{Forêts}) + e4-I (\text{Zone H}) + e5-I (S \text{ Eau})) + E_{\text{potentiels}} \quad [\text{Eq. 3.2.1.}]$$

7.4.3.3. Les réseaux vitaux

Les réseaux vitaux sont particulièrement vulnérables et l'atteinte de ces derniers peut engendrer des difficultés supplémentaires pour les acteurs.

Les réseaux vitaux ou infrastructures critiques sont répartis en cinq catégories :

- les réseaux d'énergie et d'eau (REE) ;
- les réseaux de transports (RTRANS) ;
- les réseaux de télécommunication (RCOM) ;
- les réseaux de services à la population (SPOP) ;
- les structures d'habitat privé (HP).

La formule générale d'évaluation des dommages sur les réseaux vitaux à la suite d'un évènement industriel, naturel ou intentionnel est la suivante :

$$E_{RV} = (f1-I (REE) + f2-I (TRANS) + f3-I (TELECOM) + f4-I (SPOP) + f5-I (HP)) + E_{\text{Potentiels}} \quad [\text{Eq.3.3.1.}]$$

Elle est associée à la structuration hiérarchique et à la matrice M3.3.1. présentées en annexe II-4

Réseaux d'énergie et d'eau

Les réseaux d'énergie et d'eau regroupent les infrastructures relatives à :

- la distribution de pétrole ;
- la distribution d'électricité ;
- Le traitement et la distribution en eau potable ;
- Le traitement et la distribution en eaux usées ;
- La distribution de gaz.

L'évaluation du niveau d'endommagement des réseaux d'énergie et d'eau d'effectue selon la fonction suivante :

$$REE = \alpha 1-I (REE P) + \alpha 2-I (REE EL) + \alpha 3-I (REE EP) + \alpha 4-I (REE EU) + \alpha 5-I (REE G) \quad [\text{Eq.3.3.1.1.}]$$

Réseaux de transport

Quatre structures sont regroupées sous l'item réseaux de transport :

- les réseaux routiers (autoroute, route nationale, route départementale, route communale) ;
- Les réseaux ferrés ;
- Les voies aériennes ;
- Les voies maritimes.

La fonction d'évaluation des dommages sur les réseaux vitaux associée à la matrice M.3.3.2.1. (Annexe II.4) s'exprime ainsi

$$\text{TRANS} = \beta 1\text{-I (ROUTIER)} + \beta 2\text{-I (FERRE)} + \beta 3\text{-I (AERIEN)} + \beta 4\text{-I (MARITIME)} \quad [\text{Eq.3.3.2.1.}]$$

Réseaux de télécommunication

Les réseaux de communication présentent un certain degré de criticité lors d'une crise. Trois types d'infrastructures sont retenus:

- les réseaux filaires ;
- les réseaux hertziens ;
- les réseaux satellitaires.

La fonction associée à la structuration hiérarchique et à la matrice M3.3.3.1 est la suivante :

$$\text{TELECOM} = \gamma 1\text{-I (RT FIL)} + \gamma 2\text{-I (RT HERT)} + \gamma 3\text{-I (RT SAT)} \quad [\text{Eq. 3.3.3.1}]$$

Les réseaux de services à la population

Les services à la population sont décomposés selon six catégories :

- les infrastructures dédiées à l'agriculture et à l'industrie ;
- les commerces ;
- les lieux d'enseignement et de recherche ;
- les finances ;
- les structures administratives et de gouvernement ;
- les structures dédiées aux loisirs, aux cultes et à la culture.

La fonction d'évaluation des dommages associée à la matrice M.3.3.4.1. est la suivante :

$$SPOP = \delta 1-I (AG ID) + \delta 2-I (COM) + \delta 3-I (ENS R) + \delta 4-I (FIN) + \delta 5-I (GOUV) + \delta 6-I (L C C) \quad [Eq.3.3.4.1.]$$

7.4.3.4. Les facteurs aggravants

Les facteurs aggravants concernant les conséquences sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux sont au nombre de cinq :

- les réactions négatives des populations ;
- le non respects des consignes de sécurité ou d'évacuation ;
- une ampleur spatiale importante ;
- la présence d'intervenants parmi les victimes ;
- une gestion difficile des familles ;

Le ratio des facteurs aggravants pour les conséquences est le suivant :

$$\text{Ratio Fa Cq} = n / 5.$$

Les organisations peuvent être elles-mêmes victime de la crise. Afin d'avoir une vision la plus globale possible de la réalité, les décideurs évaluent les capacités de réponse des organisations en temps réel.

7.4.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations

Cet indicateur a pour vocation d'établir un état des lieux des capacités de réaction de l'organisation au travers des missions de deux structures : le Centre Opérationnel de Défense (COD) et le terrain.

La structuration hiérarchique et la matrice de comparaisons binaires sont présentées en annexe II.4. La fonction d'évaluation des capacités de réactions est la suivante :

$$IND_{Org} = g_{1-1} (COD) + g_{1-1} (Terrain) \quad [Eq. 4.1]$$

7.4.4.1. Le Centre Opérationnel de Défense

Sept missions principales sont définies au COD :

- la mission de commandement (CDT) ;
- les missions de soins – secours – sauvetage (SSS) ;

- les missions d'ordre public (OP) ;
- les missions de transports et travaux (TT) ;
- les missions de transmissions et de communication (TRANS) ;
- les missions d'évaluation, d'analyse et d'anticipation (EAA),
- les missions de réponses aux appels du public (PUBLIC).

La fonction d'évaluation est la suivante :

$$\text{COD} = \mathbf{h}_{1-I} (\text{CDT}) + \mathbf{h}_{2-I} (\text{SSS}) + \mathbf{h}_{3-I} (\text{OPC}) + \mathbf{h}_{4-I} (\text{TT}) + \mathbf{h}_{5-I} (\text{TRANSM}) + \mathbf{h}_{6-I} (\text{EEA}) + \mathbf{h}_{7-I} (\text{PUBLIC})$$

[Eq.4.1.1]

7.4.4.2. Les organisations de terrain

Le critère *terrain* regroupe à la fois les acteurs de la Sécurité Civile et les acteurs des réseaux de soins qui se coordonnent au niveau du poste de commandement fixe et du poste médical avancé. Six missions sont définies. La typologie est identique à celle du COD hormis le critère réponse aux appels du public. La fonction d'évaluation est la suivante :

$$\text{Terrain} = \mathbf{j}_{1-I} (\text{CDT}) + \mathbf{j}_{2-I} (\text{SSS}) + \mathbf{j}_{3-I} (\text{OPC}) + \mathbf{j}_{4-I} (\text{TT}) + \mathbf{j}_{5-I} (\text{TRANM}) + \mathbf{j}_{6-I} (\text{EEA})$$

[Eq.4.2.1]

7.4.4.3. Les facteurs aggravants relatifs aux organisations

Les facteurs aggravants relatifs aux organisations sont repartis selon cinq catégories :

- les signaux avertisseurs et alertes (SAA) (5 éléments) ;
- les acteurs (7 éléments) ;
- les moyens (11 éléments) ;
- l'information et la communication (5 éléments) ;
- les éléments contextuels (7 éléments).

chacune représentant des critères de la fonction d'évaluation suivante :

$$\text{Fa}_{\text{Org}} = \mathbf{h}_{1-I} (\text{RA S AA}) + \mathbf{h}_{2-I} (\text{RA Acteurs}) + \mathbf{h}_{3-I} (\text{RA Moyens}) + \mathbf{h}_{4-I} (\text{RA Info-Com}) + \mathbf{h}_{5-I} (\text{RA Contexte})$$

[Eq.5.1]

La prise en compte de ces paramètres se fait au travers d'un calcul de ratio comme précédemment.

7.4.5. L'indicateur vulnérabilité initiale du territoire.

Cet indicateur repose sur les informations ciblées au chapitre 5. La valeur de cet indicateur varie en fonction du territoire sur lequel est appliquée la méthode. Dans le cadre de cette étude, la vulnérabilité initiale du territoire n'a pas été prise en compte pour l'application de la méthode.

7.4.6. Mise en place du recueil d'experts.

A partir des structurations hiérarchiques et des matrices présentées précédemment et synthétisées en annexe II.4, les experts interrogés ont comparé les critères les uns par aux autres afin de déterminer leurs importances relatives. En vue d'aider chaque expert à formuler les appréciations, un questionnaire a été développé afin de soutenir l'activité de comparaison binaire.

Afin d'éviter de poser l'ensemble des questions relatives aux matrices, le nombre de questions est réduit à $n-1$, les autres réponses étant déduites par réciproque. Cela présuppose que chaque expert est cohérent avec lui-même et que les avis sont transitifs (Yannou, B, 2002) (Cf. Annexe II. 9).

Cinq niveaux d'appréciations ont été retenus sur les neuf que proposent Saaty (1984).

Les questionnaires ont été soumis à une vingtaine d'experts ayant des fonctions variées :

- des officiers de sapeurs pompiers ;
- des chercheurs dans les domaines des risques industriels et naturels et de la gestion des crises ;
- des industriels.

Voici un exemple de questions définies pour comparer l'importance des quatre indicateurs permettant d'évaluer le potentiel d'une crise industrielle.

Exemple de questions permettant la comparaison binaire des éléments

A. Le potentiel de crise

🔗 **Q1.** Pensez-vous que le *niveau de gravité des conséquences* sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que le *niveau de gravité de l'évènement déclencheur de type industriel* pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

🔗 **Q2.** Pensez-vous que le *niveau de gravité des conséquences* sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que le *niveau de capacité de réponse des organisations* pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

🔗 **Q3.** Selon vous, le *niveau de gravité des conséquences* sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que le *niveau de vulnérabilité initiale du territoire avant la crise* pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

7.5. Définition du potentiel au travers de l'utilisation des réseaux de neurones.

Cette section est consacrée à la définition de l'architecture des réseaux de neurones utilisée pour évaluer le potentiel de crise.

7.5.1. Les réseaux de neurones classifieurs

Le choix de la méthode utilisée pour répondre à la problématique s'est porté sur les réseaux de neurones permettant d'effectuer une classification des données. Lors de la gestion d'une situation potentiellement crisogène, les acteurs, sur la base des informations recueillies, évalueront la situation et pourront la classer en fonction des quatre comportements définis précédemment.

7.5.2. Constitution des données d'entrée et de sortie

L'étape suivante correspond à la définition des entrées du réseau de neurones ainsi que les valeurs désirées de sorties.

7.5.2.1. Définition des entrées

L'évaluation du potentiel de crise d'une situation donnée (donnée de sortie) repose sur l'agrégation de quatre indicateurs principaux que sont l'indicateur événement déclencheur, l'indicateur conséquences, l'indicateur capacité de réaction des organisations et l'indicateur vulnérabilité initiale du territoire. Chaque indicateur est défini selon plusieurs critères et éléments. Les structurations des paramètres d'évaluation du potentiel de crise par la méthode de MHM servent également d'appui à la mise en place des réseaux de neurones

Afin de pallier la contrainte d'un faible nombre d'évènement, les entrées sont limitées à neuf. Une synthèse des entrées retenues est présentée dans le Tableau 50. Chaque entrée correspond à une agrégation des critères et des éléments.

Tableau 50 : Synthèse des entrées définies pour les réseaux de neurones

Entrées	Indicateurs
Entrée 1 : Potentiel danger de l'évènement déclencheur	Indicateur EvD
<i>Evènement industriel</i>	
<i>Evènement naturel</i>	
<i>Evènement terroriste</i>	
Entrée 2 : Quantité de facteurs aggravants relatifs à l'évènement déclencheur	Indicateur Cq
Entrées 3 : Conséquences humaines	
Entrées 4 : Conséquences environnementales	
Entrées 5 : Conséquences sur les réseaux vitaux	
Entrées 6 : Quantité de facteurs aggravants relatifs aux conséquences	Indicateur Capacité ORG
Entrées 7 : Capacité de réaction des organisations	
Entrées 8 : Quantité de facteurs aggravants relatifs aux organisations	Indicateur VIT
Entrée 9 : Vulnérabilité initiale du territoire	
Entrées 10 : Bouclage sur le potentiel de crise précédent	

Les éléments et les critères définissant chaque entrée, sont agrégés par sommation en prenant comme hypothèse que l'importance relative de chaque critère est identique. Par exemple, l'équation permettant d'évaluer l'entrée 1 c'est-à-dire le potentiel danger de l'évènement déclencheur de type industriel s'exprime de la manière suivante :

$$E1 = CIN + GRAV + IMPS + S\ EFF\ D$$

7.5.2.2. Les données de sortie

Les données de sortie correspondent aux comportements situationnels possibles des retours d'expérience définis par avis d'expert. Selon les architectures envisagées, la cotation des sorties variera.

Conclusion - Synthèse

La méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur a pour objectif d'évaluer une situation donnée au travers de la quantification d'un potentiel danger. Afin de quantifier les informations d'évaluation du système de crise de grande ampleur collectées par les acteurs, des échelles de cotations sont définies. La méthode proposée s'appuie sur deux approches que sont la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty et les réseaux de neurones. Afin de tester la faisabilité de la méthode de classification des crises, une base de données regroupant dix-huit retours d'expérience de crises passées est établie. Chaque cas a été analysé, puis quantifié en vue d'évaluer leur comportement. Les différentes étapes d'application des deux méthodes sont exposées. La méthode de Saaty apporte un formalisme dans la structuration des informations. De plus, en se basant sur l'avis d'expert, l'influence des critères et des éléments dans l'évaluation de l'objectif global est réalisé. En effet, la nature des conséquences (humaines environnemental ou matériel) ou les critères d'évaluation du potentiel danger, n'influence pas de manière équivalente le résultat final. Afin de pondérer l'importance relative des informations les unes par rapport aux autres, des matrices de comparaison binaires décrivant les structurations hiérarchiques des problèmes sont définies. Elles servent d'appui au recueil de l'avis d'expert.

Les réseaux de neurones de type classifieur ont été également transposés à cette problématique. L'ensemble des informations ont été regroupées en neuf entrées afin de pallier un faible nombre de retour d'expérience dans la base de données pour une application optimale.

Partie III : Application, résultats et analyses

Chapitre 8

Evaluation du potentiel de crise par la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty

En essayant continuellement on finit par réussir.
Donc plus ça rate, plus on a de chance que ça
marche.

Rouxel, J., *Les Shadock*

-
- 8.1. Traitement des questionnaires, pondérations et cohérence
 - 8.2. Présentation des pondérations
 - 8.3. Quantification du potentiel de crise
 - 8.4. Qualification du potentiel de crise
 - 8.5. Limites et perspectives
-

Introduction

Au cours de la partie II, les principales étapes de la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty (chapitre 6) et la structuration de l'objectif général (chapitre 7) ont été présentées. Ce chapitre se focalise sur l'application de la méthode de hiérarchisation multicritères pour évaluer le potentiel de crise. Après avoir présenté les pondérations obtenues après traitement des questionnaires, les indicateurs constituant le potentiel seront évalués puis agrégées pour déterminer le comportement des dix-huit retours d'expérience.

8.1. Traitement des questionnaires, pondérations et cohérence

8.1.1. Analyse des questionnaires

Pour recueillir les avis des experts, deux jeux de questionnaires relatifs aux trois types de crises ont été rédigés (Cf. Annexe II.6). Sur les vingt experts contactés (10 pour le questionnaire 1 et 10 pour le questionnaire 2), seize experts ont retourné le questionnaire concernant les crises industrielles (8 pour le questionnaire 1 et 8 pour le questionnaire 2), neuf le questionnaire des crises naturelles (6 pour le questionnaire 1 et 4 pour le questionnaire 2) et quatorze, celui concernant les crises terroristes (8 pour le questionnaire 1 et 6 pour le questionnaire 2). La répartition par catégorie professionnelle, tous questionnaires confondus, est la suivante :

Crise industrielle (16 experts)	Crise naturelle (9 experts)	Crise terroriste (14 experts)
4 colonels de sapeurs-pompiers 10 ingénieurs de recherche 2 industriels	3 colonels de sapeurs-pompiers 6 ingénieurs de recherche	4 colonels de sapeurs-pompiers 10 ingénieurs de recherche

Cinq propositions ont été formulées pour chaque question. Les valeurs de comparaison binaire associées à chaque proposition sont les suivantes :

Q1. Pensez-vous que le <i>niveau de gravité des conséquences</i> sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux				
<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
1/9	1/5	1	5	9
Que le niveau de <i>gravité de l'évènement déclencheur de type industriel</i> pour établir le <u>potentiel de crise</u> d'une situation donnée ?				

Les questionnaires sont ensuite retranscrits sous la forme matricielle pour obtenir les pondérations des indicateurs, des critères et des éléments. Au vu des résultats, peu de différences fondamentales sont apparues entre le questionnaire 1 et le questionnaire 2.

8.1.2. Etablissements des pondérations

Les experts interrogés agissent de manière individuelle et ne peuvent donc être assimilés à un groupe unique. Conformément à l'algorithme de choix présenté en section 6.2.6, l'agrégation des priorités est retenue pour fusionner l'information collectée. Sur chaque matrice individuelle et ce pour les trois types de crises, les priorités sont dérivées puis agrégées à l'aide de la moyenne géométrique normalisée.

8.1.3. Calcul des ratios de cohérence

Afin de valider la cohérence globale des jugements des experts, les ratios de cohérence sont calculés sur chacune des matrices de synthèse. Pour être valide, le ratio doit être inférieur à 10%.

8.2. Présentation des pondérations

Les pondérations obtenues par avis d'expert sont présentées dans un premier temps pour les situations d'origine industrielle, puis pour les situations d'origine naturelle et enfin pour les événements terroristes.

8.2.1. Les crises industrielles

Les avis des seize experts interrogés sont analysés afin d'établir les pondérations des données définissant le potentiel de crise.

8.2.1.1. Le potentiel de crise

Les pondérations relatives aux quatre indicateurs déterminant le potentiel de crise sont les suivantes : *l'indicateur conséquences* représente 56% du potentiel de crise, *l'indicateur événement déclencheur* 8%, *l'indicateur capacité de réaction des organisations* 23% et la *vulnérabilité initiale du territoire* 13%.

Les poids dérivant des avis des experts sont analysés selon une répartition par catégorie socio-professionnelle (Cf. Figure 42). Pour le groupe des industriels, *l'indicateur conséquence* participe à 80% dans l'évaluation du potentiel de crise. A contrario, pour les sapeurs-pompiers, ce dernier représente 37% du potentiel final. Les valeurs obtenues pour le groupe des ingénieurs sont du même ordre de grandeur que la moyenne des avis. Or une limite apparaît : du fait d'un faible nombre d'experts dans les catégories sapeurs-pompiers et industriels, les résultats ne sont pas représentatifs. Il serait intéressant de mener une étude plus large afin de savoir comment chaque catégorie socio professionnelle perçoit la crise.

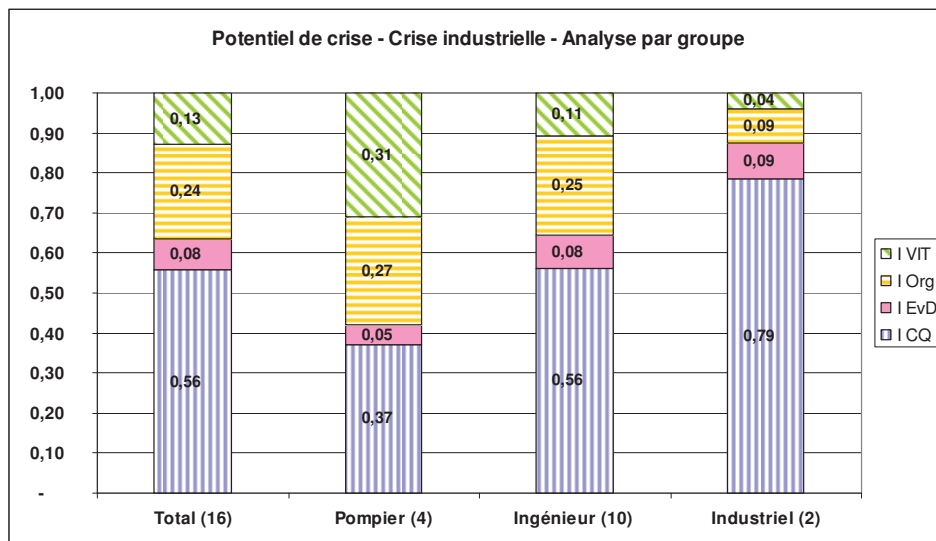


Figure 42 : Répartition des pondérations en fonction des catégories socioprofessionnelles interrogées

La fonction d'évaluation obtenue est la suivante :

$$\text{PC Ind} = 0,56 \text{ Ind}_{\text{Cq}} (1 + \text{ratio Fa}) + 0,08 \text{ Ind}_{\text{EvD}} (1 + \text{ratio Fa}) + 0,24 \text{ Ind}_{\text{Org}} (1 + \text{Fa}_{\text{Org}}) + 0,130 \text{ Ind}_{\text{VIT}} \quad \text{Eq. [1.1]}$$

Le maximum du potentiel des crises industrielles est de 1,89.

Par souci de clarté, l'ensemble des fonctions d'évaluation sont synthétisées dans le tableau 51.

8.2.1.2. L'indicateur évènement déclencheur

Les pondérations établies pour les quatre critères constituant l'indicateur évènement déclencheur sont les suivantes : 20% pour le critère *cinétique*, 24% pour la *gravité*, 27% pour *l'importance spatiale* et 29% pour le critère *effet domino*. Eq. [1.2]

Tableau 51 : Synthèse des pondérations

N° Eq.	Potentiel de crise		Matrice	RC (%)
1.				
[1.1]	Crises d'origine industrielle PC = 0,56 Ind _{Cq} (1+ ratio Fa) + 0,08 Ind _{Evd} (1+ratio Fa) + 0,24 Ind _{Org} (1+ Fa _{Org}) + 0,123 Ind _{VIT}		M.1.1	0,08
[1.2]	Crises d'origine naturelle PC = 0,34 Ind _{Cq} (1+ ratio Fa) + 0,11 Ind _{Evd} (1+ratio Fa) + 0,19 Ind _{Org} (1+ Fa _{Org}) + 0,36 Ind _{VIT}		M.1.2	2,22 10 ⁻⁵
[1.3]	Crises d'origine terroriste PC = 0,60 Ind _{Cq} (1+ ratio Fa) + 0,17 Ind _{Evd} (1+ratio Fa) + 0,12 Ind _{Org} (1+ Fa _{Org}) + 0,11 Ind _{VIT}		M.1.3	4,05 10 ⁻⁷
2.	Indicateur évènement déclencheur			
[2.1]	Crises d'origine industrielle IND _{Evd} = (0,20 (CIN) +0,24 (GRAV) + 0,27 (IMP S) + 0,29 (EFF D)) + (CONN)		M.2.1	1,6 10 ⁻⁶
[2.2]	Crises d'origine naturelle IND _{Evd} = 0,5(Vigilance Météo) + (CONN)		M.2.2	
[2.3]	Crises d'origine terroriste IND _{Evd} = (0,19 (NBEv) + 022 (LOC) + 0,16 (DELA)+ 0,05 (CIN) +0,18 (GRAV) + 0,08 (SACC) + 0,12 (IMPS))+ (CONN)		M.2.3	1,9 10 ⁻¹
3	Indicateur conséquences globales			
[3.1].	Crises d'origine industrielle IND _{Cq} = 0,62 (HUM) + 0,08 (ENV) + 0,30 (RV)		M.3.1	1,55 10 ⁻⁵
[3.2].	Crises d'origine naturelle IND _{Cq} = 0,63(HUM) + 0,08 (ENV) + 0,29 (RV)		M.3.2	3,15 10 ⁻⁵
[3.3]	Crises d'origine terroriste IND _{Cq} = 0,55 (HUM) + 0,10 (ENV) + 0,35 (RV)		M.3.3	0,11

N°Eq		Matrice	RC (%)
3.1	Critères enjeux Humains		
[3.1.1].	Crises d'origine industrielle $E_{Humain} = (0,49 \text{ (Morts)} + 0,34 \text{ (UA)} + 0,11 \text{ (UR)} + 0,06 \text{ (Impliqués)}) + E_{Potentielles}$	M.3.1.1.	$1,5 \cdot 10^{-5}$
[3.1.2]	Crises d'origine naturelle $E_{Humain} = (0,4 \text{ (Morts)} + 0,29 \text{ (UA)} + 0,16 \text{ (UR)} + 0,14 \text{ (Impliqués)}) + E_{Potentielles}$	M.3.1.2.	$4,44 \cdot 10^{-5}$
[3.1.3]	Crises d'origine terroriste $E_{Humain} = (0,44 \text{ (Morts)} + 0,42 \text{ (UA)} + 0,10 \text{ (UR)} + 0,04 \text{ (Impliqués)}) + E_{Potentielles}$	M.3.1.3.	$6,23 \cdot 10^{-5}$
3.2.	Critères enjeux Environnementaux		
[3.2.1].	Crises d'origine industrielle $E_{ENV} = (0,49 \text{ (T}_{Agt}) + 0,12 \text{ (T}_{Agt})} + 0,06 \text{ (Forêts)} + 0,14 \text{ (ZONE}_H) + 0,19 \text{ (S}_{Eaux}) + (E_{Potentielles})$	M.3.2.1.	0,087
[3.2.2]	Crises d'origine naturelle $E_{ENV} = (0,57 \text{ (T}_{Agt}) + 0,13 \text{ (T}_{Agt})} + 0,09 \text{ (Forêts)} + 0,10 \text{ (ZONE}_H) + 0,14 \text{ (S}_{Eaux}) + (E_{Potentielles})$	M.3.2.2.	$1,05 \cdot 10^{-6}$
[3.2.3]	Crises d'origine terroriste $E_{ENV} = (0,54 \text{ (T}_{Agt}) + 0,14 \text{ (T}_{Agt})} + 0,06 \text{ (Forêts)} + 0,13 \text{ (ZONE}_H) + 0,13 \text{ (S}_{Eaux}) + (E_{Potentielles})$	M.3.2.3.	$6,77 \cdot 10^{-5}$
3.3.	Critères réseaux vitaux		
[3.3.1]	Crises d'origine industrielle $E_{RV} = (0,49 \text{ (REE)} + 0,13 \text{ (TRANS)} + 0,17 \text{ (TELECOM)} + 0,110 \text{ (SPOP)} + 0,13 \text{ (HP)}) + (E_{Potentielles})$	M.3.3.1.	0,225
[3.3.2]	Crises d'origine naturelle $E_{RV} = (0,52 \text{ (REE)} + 0,18 \text{ (TRANS)} + 0,14 \text{ (TELECOM)} + 0,09 \text{ (SPOP)} + 0,67 \text{ (HP)}) + (E_{Potentielles})$	M.3.3.2.	$1,48 \cdot 10^{-7}$
[3.3.3]	Crises d'origine terroriste $E_{RV} = (0,53 \text{ (REE)} + 0,13 \text{ (TRANS)} + 0,13 \text{ (TELECOM)} + 0,12 \text{ (SPOP)} + 0,10 \text{ (HP)}) + (E_{Potentielles})$	M.3.3.3.	$6,77 \cdot 10^{-5}$

N°Eq		Matrice	RC (%)
3.3.1.	Elément réseaux d’Energie		
[3.3.1.1]	Crises d’origine industrielle REE = 0,10 (REE P) + 0,34 (REE EL) + 0,39 (REE EP) + 0,07 (REE EU) + 0,10 (REE G)	M3.3.1.1.	5,74 10 ⁻⁶
[3.3.1.2]	Crises d’origine naturelle REE = 0,13 (REE P) + 0,33 (REE EL) + 0,38 (REE EP) + 0,06 (REE EU) + 0,11 (REE G)	M 3.3.1.2	2,69 10 ⁻⁶
[3.3.1.3]	Crises d’origine terroriste REE = 0,13 (REE P) + 0,267 (REE EL) + 0,42 (REE EP) + 0,06 (REE EU) + 0,12 (REE G)	M3.3.1.3	0,027
3.3.2	Elément réseaux de Transport		
[3.3.2.1]	Crises d’origine industrielle TRANS = 0,66 (ROUTIER) + 0,15 (FERRE) + 0,10 (AERIEN) + 0,09 (MARITIME)	M.3.3.2.1	1,4 10 ⁻⁶
[3.3.2.5]	Crises d’origine naturelle TRANS = 0,67 (ROUTIER) + 0,10 (FERRE) + 0,13 (AERIEN) + 0,10 (MARITIME)	M.3.3.2.5	6,5 10 ⁻⁷
[3.3.2.3]	Crises d’origine terroriste TRANS = 0,56 (ROUTIER) + 0,16 (FERRE) + 0,14 (AERIEN) + 0,14 (MARITIME)	M3.3.2.3	0,198
3.3.3.	Elément réseaux de Télécommunications		
[3.3.3.1]	Crises d’origine industrielle TELECOM = 0,41 (R FIL) + 0,45 (R HERT) + 0,14 (R SAT)	M.3.3.3.1	6,6 10 ⁻⁷
[3.3.3.2]	Crises d’origine naturelle TELECOM = 0,32 (R FIL) + 0,38 (R HERT) + 0,30 (R SAT)	M.3.3.3.2	1,9 10 ⁻⁶
[3.3.3.3]	Crises d’origine terroriste TELECOM = 0,49 (R FIL) + 0,33 (R HERT) + 0,18 (R SAT)	M.3.3.3.3	1,32 10 ⁻⁶
3.3.4	Elément réseaux de Services à la population		
[3.3.4.1]	Crises d’origine industrielle SPOP = 0,16 (AG ID) + 0,14 (COM) + 0,03 (ENS R) + 0,19 (FIN) + 0,37 (GOUV) + 0,11 (L C C)	M.3.3.4.1.	0,054
[3.3.4.2]	Crises d’origine naturelle SPOP = 0,16 (AG ID) + 0,12 (COM) + 0,03 (ENS R) + 0,20 (FIN) + 0,45 (GOUV) + 0,04 (L C C)	M.3.3.4.2.	6,9 10 ⁻⁵
[3.3.4.3]	Crises d’origine terroriste SPOP = 0,24 (AG ID) + 0,16 (COM) + 0,04 (ENS R) + 0,23 (FIN) + 0,28 (GOUV) + 0,05 (L C C)	M.3.3.4.3	6,9 10 ⁻²

N°Eq	Indicateur capacité de réaction des organisations		Matrice	RC (%)
4				
[4.1]	Crises d'origine industrielle IND _{Org} = 0,48 (COD) + 0,52 (Terrain)		M.4.1.	0
[4.2]	Crises d'origine naturelle IND _{Org} = 0,44 (COD) + 0,56 (Terrain)		M.4.2.	0
[4.3]	Crises d'origine terroriste IND _{Org} = 0,37 (COD) + 0,63 (Terrain)		M.4.3.	0
4.1	Critère centre Opérationnel de Défense			
[4.1.1]	Crises d'origine industrielle COD = 0,26 (CDT) + 0,19 (SSS) + 0,11 (OPC) + 0,04 (TT) + 0,24 (TRANSM) + 0,09 (EEA) + 0,07 (PUBLIC)		M.4.1.1.	6,43 10 ⁻⁶
[4.1.2]	Crises d'origine naturelle COD = 0,28 (CDT) + 0,18 (SSS) + 0,13 (OPC) + 0,06 (TT) + 0,20 (TRANSM) + 0,09 (EEA) + 0,06 (PUBLIC)		M.4.1.2.	2,48 10 ⁻⁶
[4.1.3]	Crises d'origine terroriste COD = 0,12 (CDT) + 0,25 (SSS) + 0,19 (OPC) + 0,07 (TT) + 0,25 (TRANSM) + 0,07 (EEA) + 0,06 (PUBLIC)		M.4.1.3.	1,4 10 ⁻⁶
4.2.	Critère terrain			
[4.2.1]	Crises d'origine industrielle Terrain = 0,23 (CDT) + 0,32 (SSS) + 0,17 (OPC) + 0,04 (TT) + 0,20 (TRANSM) + 0,04 (EEA)		M.4.2.1.	2,36 10 ⁻⁶
[4.2.2]	Crises d'origine naturelle Terrain = 0,26 (CDT) + 0,34 (SSS) + 0,13 (OPC) + 0,05 (TT) + 0,13 (TRANSM) + 0,09 (EEA)		M.4.2.2.	2,55 10 ⁻⁶
[4.2.3]	Crises d'origine terroriste Terrain = 0,120 (CDT) + 0,301 (SSS) + 0,19 (OPC) + 0,05 (TT) + 0,19 (TRANSM) + 0,07 (EEA)		M.4.2.3.	4,81 10 ⁻⁷
5.	Critères facteurs aggravants			
[5.1]	Crises d'origine industrielle Fa Org = 0,18 (RA SAA) + 0,16 (RA Acteurs) + 0,30 (RA Moyens) + 0,23 (RA Info-Com) + 0,13 (RA contexte)		M5.1	2,36 10 ⁻⁶
[5.2]	Crises d'origine naturelle Fa Org = 0,13 (RA SAA) + 0,09 (RA Acteurs) + 0,44 (RA Moyens) + 0,14 (RA Info-Com) + 0,20 (RA contexte)		M.5.2.	8,65 10 ⁻⁶
[5.3]	Crises d'origine terroriste Fa Org = 0,18 (RA SAA) + 0,15 (RA Acteurs) + 0,32 (RA Moyens) + 0,14 (RA Info-Com) + 0,21 (RA contexte)		M5.3.	1, 65 10 ⁻⁶

8.2.1.3. L'indicateur conséquences globales

Les pondérations des critères régissant l'indicateur conséquences globales sont synthétisées dans la figure 43.

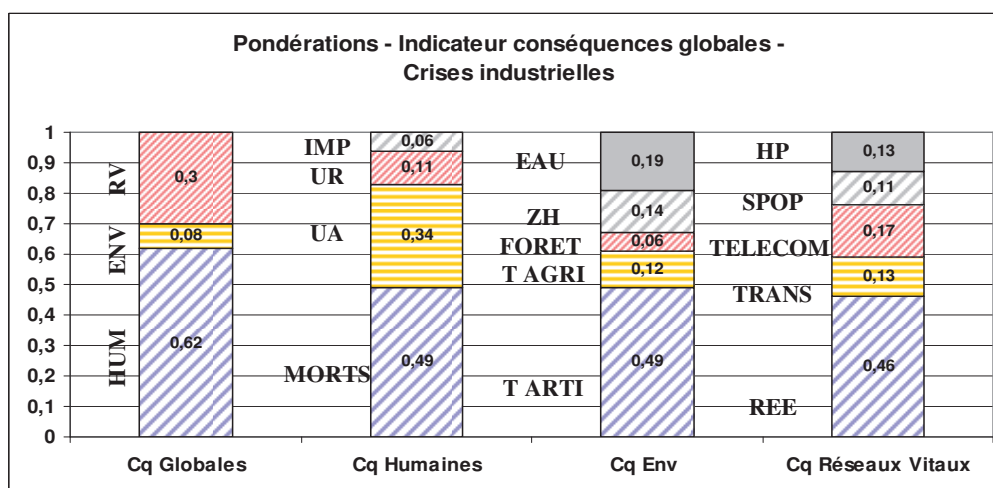


Figure 43 : Pondérations obtenues pour l'indicateur conséquences globales¹⁷

Les *conséquences humaines* contribuent à hauteur de 62% à la quantification de l'indicateur *conséquences globales*. Le critère *nombre de morts* (49%) est majoritaire pour quantifier les conséquences humaines. Les impacts sur les territoires artificialisés (49%) participent pour moitié à la quantification des conséquences environnementales. La quantification des conséquences, sur les réseaux vitaux, est influencée à 46% par les réseaux d'énergie et d'eau, les quatre autres éléments étant de pondération approximativement égale.

Les éléments permettant de quantifier les conséquences sur les cinq catégories de réseaux vitaux ont également été pondérés par avis d'expert. La figure 44 illustre les pondérations obtenues.

Les éléments majoritaires des *réseaux d'énergie et d'eau* sont les *réseaux d'électricité* (34%) et *d'eau potable* (39%). Concernant les *réseaux de communication*, le *réseau routier* représente 66% du critère global. Les réseaux de communication de type *filaire et hertzien* sont du même ordre de grandeur, respectivement 41% et 45%. Pour le critère *services à la*

¹⁷ Rappel des annotations : HUM : Humain ; ENV : Environnement ; RV : Réseaux Vitaux ; UA : Urgences Absolues ; UR : Urgences Relatives ; Imp : Impliquées ; T Arti : Territoires Artificialisés, T Agri : Territoires Agricoles, Zone H : Zones Humides ; S Eau : Surfaces en eau ; REE : Réseaux d'Énergie et d'Eau ; TRANS : Réseaux de Transports, TELECOM : Réseaux de Télécommunication ; SPOP : Services à la Population, HP : Habitats Privés

population, les structures de gouvernement et d'administration sont primordiales au bon fonctionnement de la société. Leur pondération équivaut à 37%.

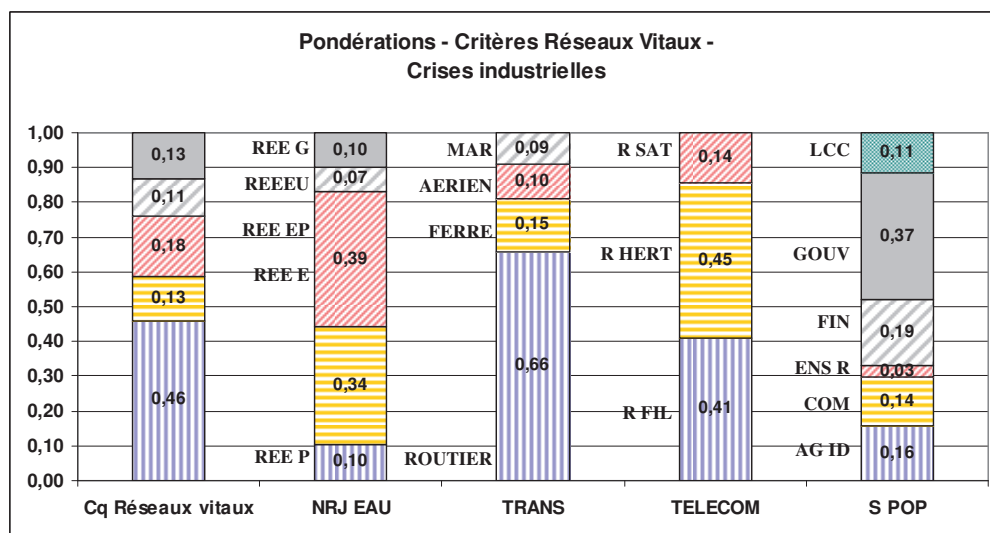


Figure 44 : Pondérations obtenues pour les critères réseaux vitaux¹⁸

8.2.1.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations

La capacité de réaction des organisations, lors de la gestion d'une situation de crise, est évaluée selon l'analyse de deux organisations représentées par le COD et le terrain. Selon les experts, l'importance des deux entités est approximativement égale (48% pour la première, 52% pour la seconde). En effet, pour une gestion de crise efficace, les deux sont indissociables (Cf. Figure 45).

¹⁸ Rappel des annotations : REE : Réseau d'Energie et d'Eau ; REE P : Pétrole ; REE EL : Electricité, REE EP : Eau Potable ; REE EU : Eaux Usées ; REE G : Gaz ; R Fil : Réseau Filaire, R HERT : Réseau Hertzien, R SAT : Réseau Satellitaire ; AD ID : Agriculture et Industrie ; COM : Commerces, ENS R : Enseignement Recherche ; FIN : Finance ; GOUV : Structure d'administration et de gouvernement ; LCC : Loisirs, cultes et culture

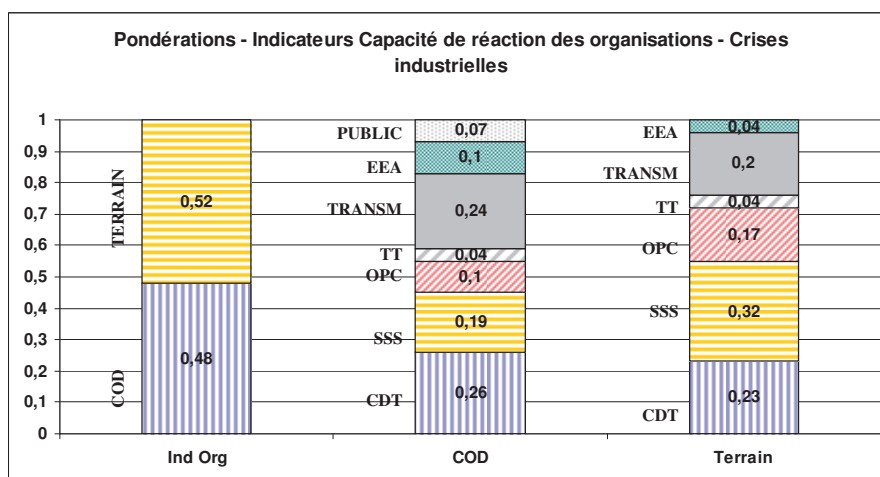


Figure 45 : Pondérations obtenues pour l'indicateur capacité de réaction des organisations

Les deux missions essentielles au fonctionnement de la cellule de crise (COD) sont le *commandement* (26%) et les *transmissions* vers l'extérieur (24%). Sur le terrain, les deux missions prépondérantes, pour faire face à une crise sont la cellule *soins secours sauvetage* (32%) et le *commandement* (23%).

8.2.1.5. Les facteurs aggravants organisationnels.

Trente quatre facteurs aggravants, pouvant apparaître lors d'une situation de crise, avaient été mis en évidence au chapitre 5. Ils sont regroupés en cinq catégories. L'importance relative des cinq catégories dans le potentiel d'aggravation de la situation a été évaluée par les d'expert. Les facteurs aggravants relatifs aux moyens humains sont majoritaires (30%).

8.2.2. Les crises naturelles

Les pondérations des données définissant le potentiel d'une crise naturelle sont obtenues après agrégation de l'avis de neuf experts.

8.2.2.1. Le potentiel de crise

Les pondérations obtenues sont les suivantes : l'indicateur *conséquences globales* participe à 34.3% à la quantification du potentiel de crise d'origine naturelle, l'indicateur *évènement déclencheur* à hauteur de 11, 4%, l'indicateur *capacité de réaction des organisations* pour 18.8% et la *vulnérabilité initiale du territoire* représente 35.5% du potentiel (Cf. Figure 46). Selon une répartition socio-professionnelle des experts interrogés, les sapeurs pompiers ont

tendance à minimiser l'importance de l'évènement déclencheur (0.05 contre 0.16 pour le groupe des ingénieurs).

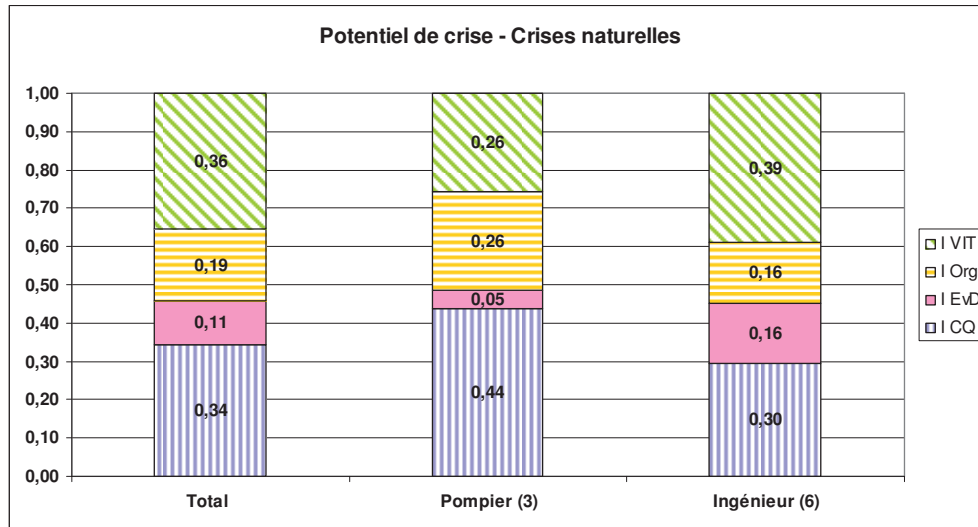


Figure 46 : Synthèse du potentiel de crise pour une crise naturelle

La fonction d'évaluation du potentiel de crises naturelles est la suivante :

$$\text{PC Nat} = 0,34 \text{ Ind}_{\text{Cq}} (1 + \text{ratio Fa}) + 0,11 \text{ Ind}_{\text{EvD}} (1 + \text{ratio Fa}) + 0,19 \text{ Ind}_{\text{Org}} (1 + \text{Fa}_{\text{Org}}) + 0,36 \text{ Ind}_{\text{VIT}} \quad \text{Eq [1.2]}$$

8.2.2.2.L'indicateur évènement déclencheur

Les critères vigilance météo et importances spatiales ne sont pas pondérés par les experts. Par hypothèse, leurs pondérations sont égales à 0.5. (Cf. Eq. [2.2])

Dans le cas de la fonction d'évaluation relative aux inondations, les poids des trois critères sont identiques (0,33) (Cf. Eq. [2.2 Bis])

8.2.2.3.L'indicateur conséquences globales

Les pondérations des critères permettant de quantifier les conséquences globales sont présentées dans la figure 45. Le critère *conséquences humaines* représente 63%, les *conséquences environnementales* 8% et les *conséquences sur les réseaux vitaux* 29%. (Cf. Figure 47). Plus précisément dans le cas des dommages humains, les critères *nombre de morts* et *urgences absolues* participent respectivement à hauteur de 49% et 34%.

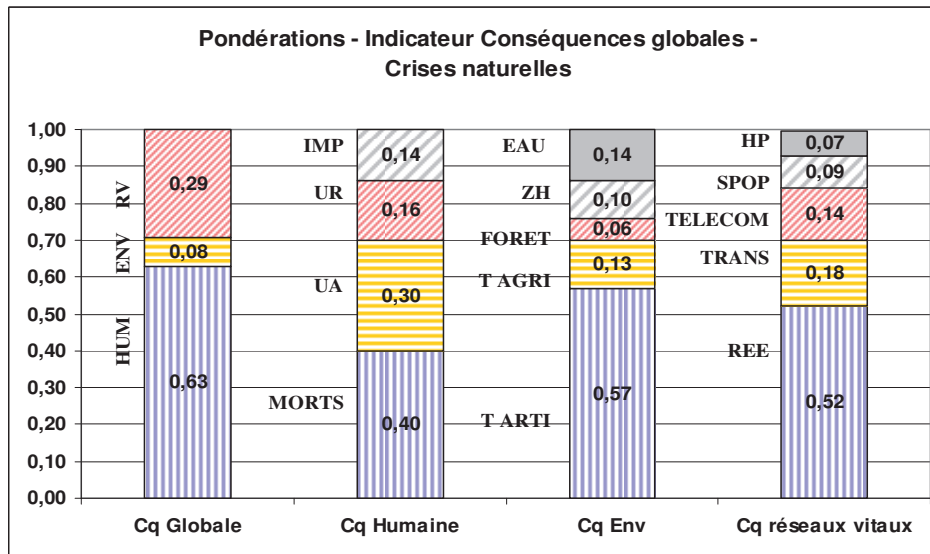


Figure 47 : Pondération de l'indicateur conséquences globales

Concernant les conséquences environnementales, les pondérations des cinq critères sont approximativement identiques à celles obtenues dans le cas des crises industrielles. L'élément principal correspond aux territoires artificialisés (45%). Pour les conséquences sur les réseaux vitaux, l'élément prépondérant est représenté par les réseaux d'énergie, ce qui a également été mis en évidence dans le cas des crises industrielles.

Concernant les critères *réseaux d'énergies et d'eau*, les éléments *réseaux d'électricité* et *d'eau* potables représentent respectivement 34% et 39% soit 73% de la totalité du critère.

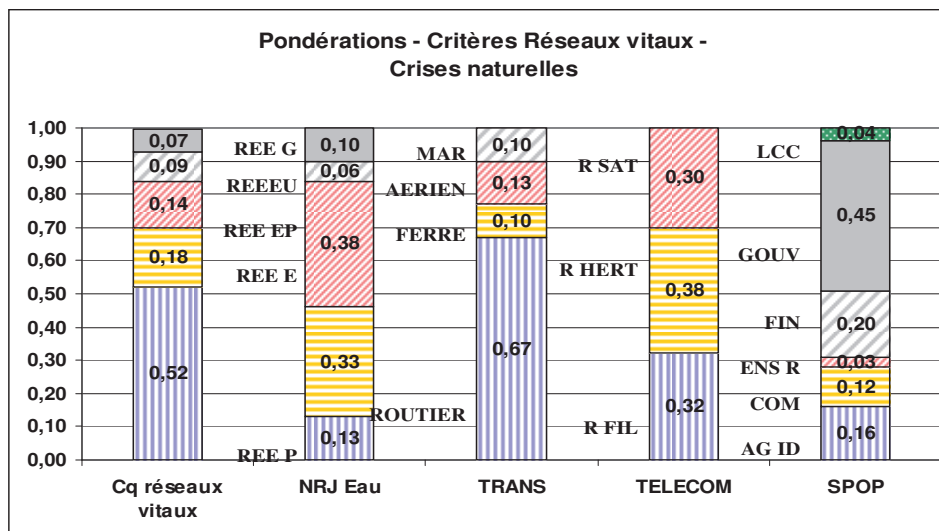


Figure 48 : Pondérations des critères et éléments composant les conséquences sur les réseaux vitaux

L'élément réseau routier participe à hauteur de 66% pour la quantification des conséquences sur les réseaux de communication. Pour le critère télécommunication, les éléments prépondérants sont les réseaux filaires (41%) et hertziens (45%). Selon les experts, lors d'une crise naturelle, les *structures d'administrations et de gouvernement* sont les structures essentielles à la continuité de la vie des populations (37%) (Cf. Figure 48).

8.2.2.4. Indicateur capacité de réaction des organisations

Le constat mis en évidence pour les crises industrielles concernant les pondérations obtenues pour l'indicateur *capacité de réaction des organisations* est également valable pour les crises naturelles. Les experts jugent approximativement équivalente l'importance relatives des deux structures (44% pour le COD et 56% pour le terrain). (Cf. Figure 49).

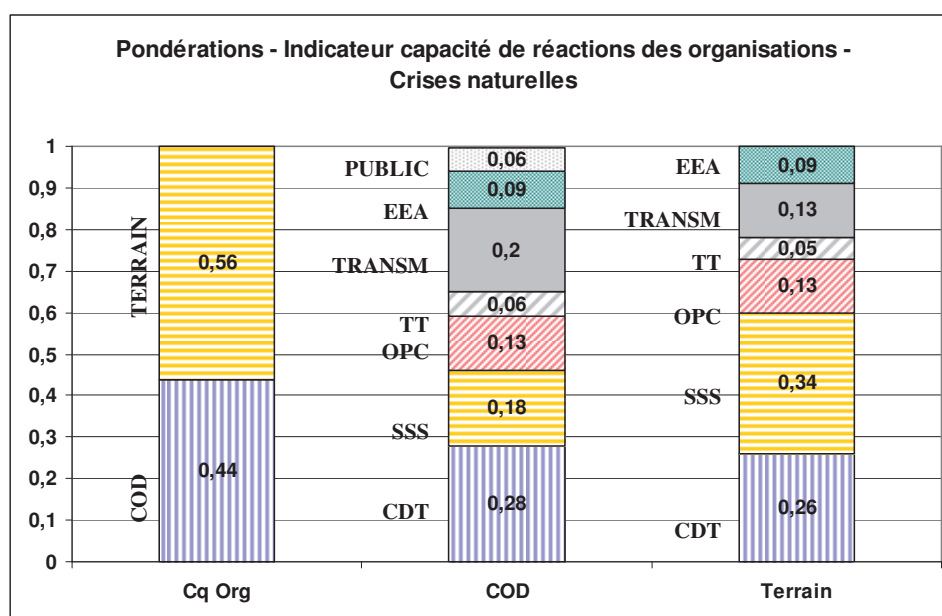


Figure 49 : Pondération de l'indicateur capacité de réaction des organisations

Concernant le COD, les missions principales sont le *commandement* (28%) et les *transmissions* (20%). Sur le terrain, les missions prépondérantes sont celles de *soins secours sauvetage* (34%) et de *commandement* (26%). Les ordres de grandeurs obtenus pour les crises naturelles sont approximativement les mêmes que ceux obtenus pour les crises industrielles

8.2.2.5. Les facteurs aggravants

Selon les avis des experts, la présence de facteurs aggravants relatifs aux moyens humains et matériels sont prépondérants (44%) par rapport aux quatre autres catégories (Cf. Eq)

8.2.3. Les crises terroristes

8.2.3.1. Le potentiel de crise

Les questionnaires relatifs aux crises terroristes ont été retournés par quatorze personnes. La répartition selon les catégories socio-professionnelles se fait selon deux groupes : les sapeurs pompiers et les ingénieurs d'étude. Pour la première catégorie, l'évènement déclencheur tend à être minimisé, la *vulnérabilité initiale du territoire* semble être plus importante à prendre en compte. A contrario, le groupe des ingénieurs maximise l'indicateur *conséquences globales* (Cf. Figure 50).

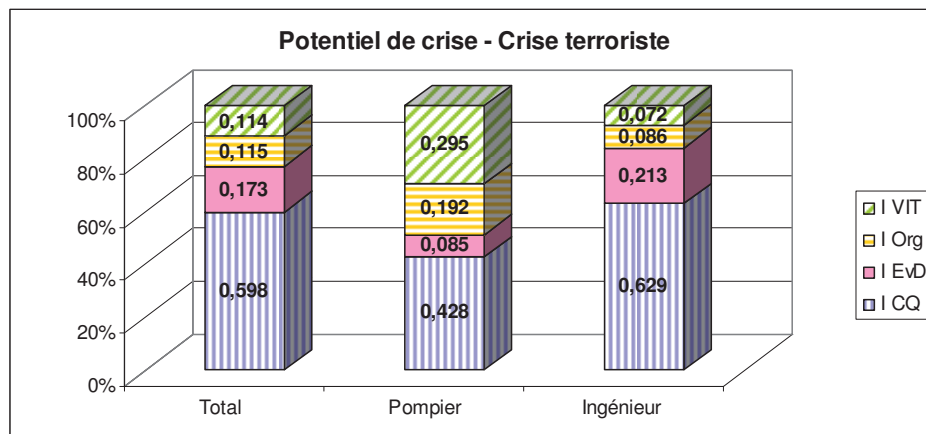


Figure 50 : Pondérations obtenues pour le potentiel de crise terroriste

Selon les avis des experts, dans le cadre d'une crise d'origine terroriste, l'indicateur *conséquences globales* participe à 59,8% à l'obtention du potentiel de crise, l'évènement déclencheur à 17,3%, l'indicateur *capacité de réaction des organisations* à 11,5% et la *vulnérabilité initiale du territoire* à 11,4%. Contrairement, aux crises industrielles, l'évènement déclencheur a une influence forte sur le potentiel final au détriment de la *vulnérabilité initiale*. Cela peut s'expliquer par l'incertitude de la source de danger lors d'un acte terroriste.

La fonction d'évaluation du potentiel de crise dans le cas d'actes terroriste est la suivante.

$$\mathbf{PC\ Ter} = 0,598 \text{ Ind Cq (1+ ratio Fa)} + 0,173 \text{ Ind EvD (1+ratio Fa)} + 0,115 \text{ Ind Org (1+ Fa Org)} + 0,114 \text{ Ind VIT} \quad [\text{Eq.1.3}]$$

La valeur maximale du potentiel de crise d'origine terroriste est de 1.97.

8.2.3.2. L'indicateur évènement déclencheur

Le potentiel danger de l'évènement déclencheur d'origine terroriste est quantifié selon sept critères. Les critères majoritaires sont la *localisation* des actes (22%), leur *nombre* (19%) ainsi que leur *gravité* (18%). La cinétique de réalisation des actes est minimisée (Cf. Figure 51).

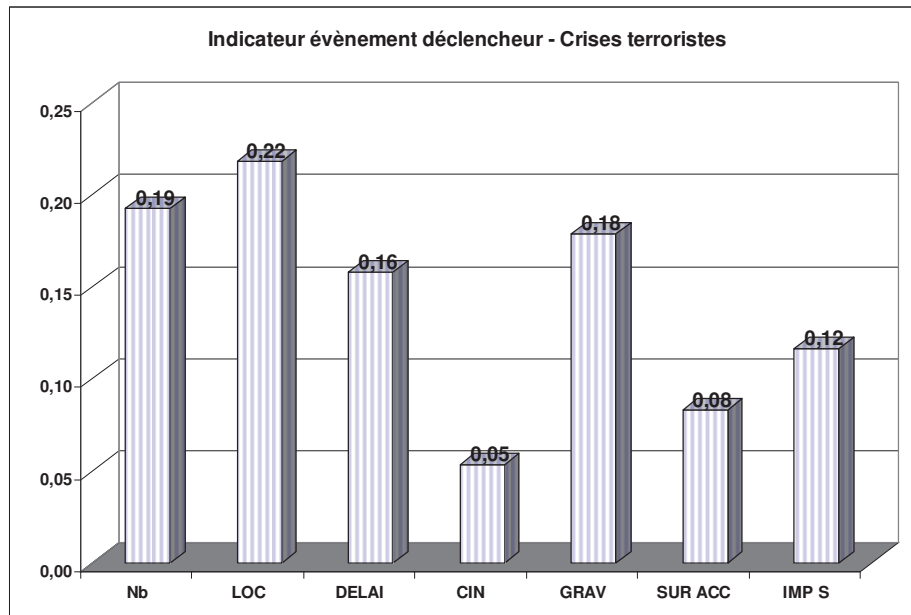


Figure 51 : Pondérations de l'indicateur évènement déclencheur – Crises terroristes

8.2.3.3. L'indicateur conséquences globales

Les pondérations des trois critères composant l'indicateur *conséquences globales* sont illustrées par la figure 52.

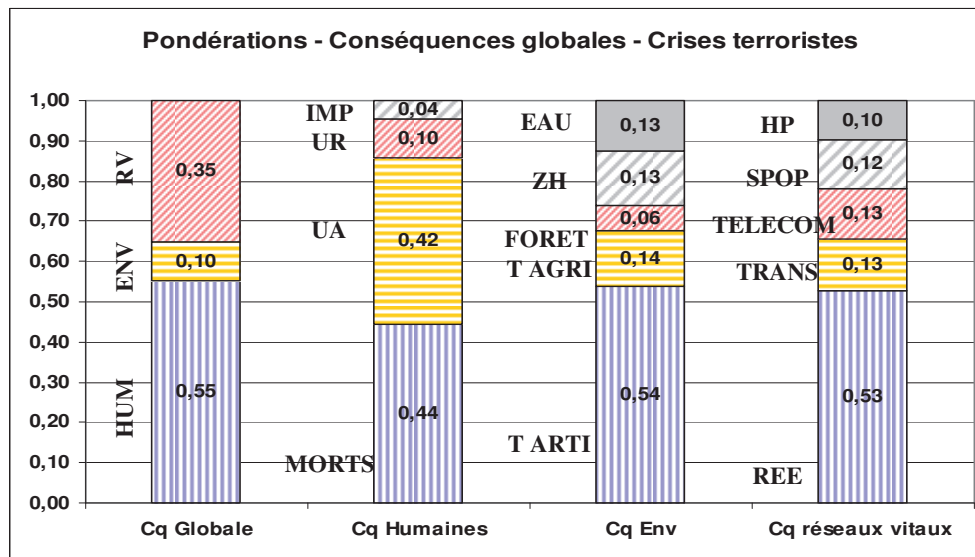


Figure 52 : Pondérations obtenues pour l'indicateur conséquences globales

Les conséquences humaines représentent 55% de l'indicateur total. Les pondérations obtenues pour les éléments *nombre de morts* (44%) et *urgences absolues* (42%) sont approximativement identiques. Pour les conséquences environnementales, les *territoires artificialisés* représentent l'élément majoritaire (54%). Dans le cas des conséquences sur les réseaux vitaux, l'élément prépondérant (53%) est représenté par les *réseaux d'énergie et d'eau*. A noter que les quatre éléments ont un poids équivalent.

Les éléments décrivant les conséquences sur les réseaux vitaux ont également été pondérés (Cf. Figure 53)

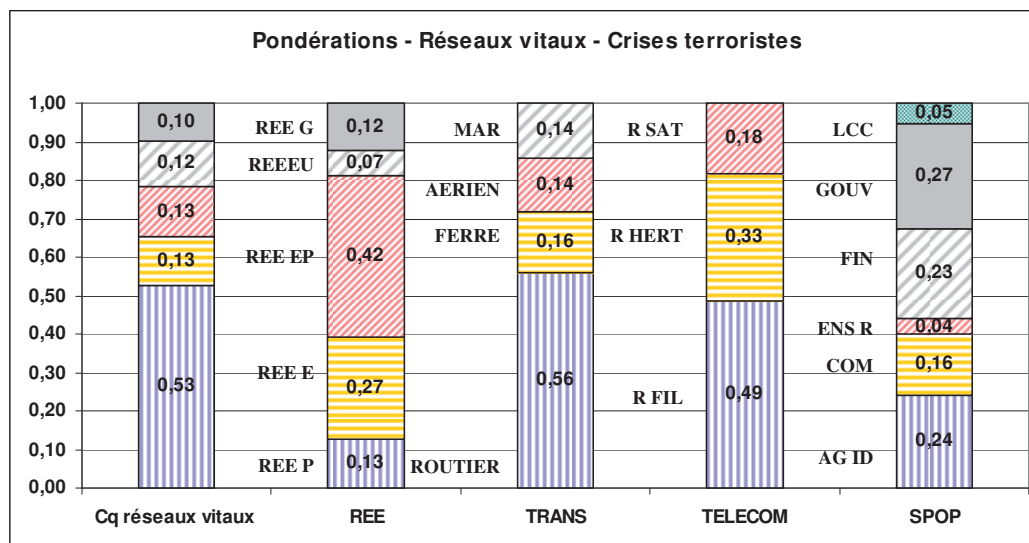


Figure 53 : Pondérations obtenues pour les critères réseaux vitaux

Pour les réseaux *d'énergie et d'eau*, les experts ont jugé les réseaux *d'eau potables* (42%) fondamentales par rapport aux quatre autres. Dans le cas des réseaux de *transport*, le réseau *routier* représente 56% du critère *réseaux de communication*. Le réseau de communication de type *filaire* est pondéré à 49%. Concernant les éléments du critère *services à la population*, dans le cas d'une crise terroriste, les catégories structures de gouvernement (27%), finance (23%), *Agriculture – industries* (24%) et *commerce* (16%) possèdent approximativement la même importance. Les services *d'enseignement* (0.04%) et de *loisirs* (0.05%) sont minoritaires.

8.2.3.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations

Dans le cadre d'une crise terroriste, les experts ont jugés les missions de *terrain* dominantes sur celles du *COD* à 63% (Cf. Figure 54).

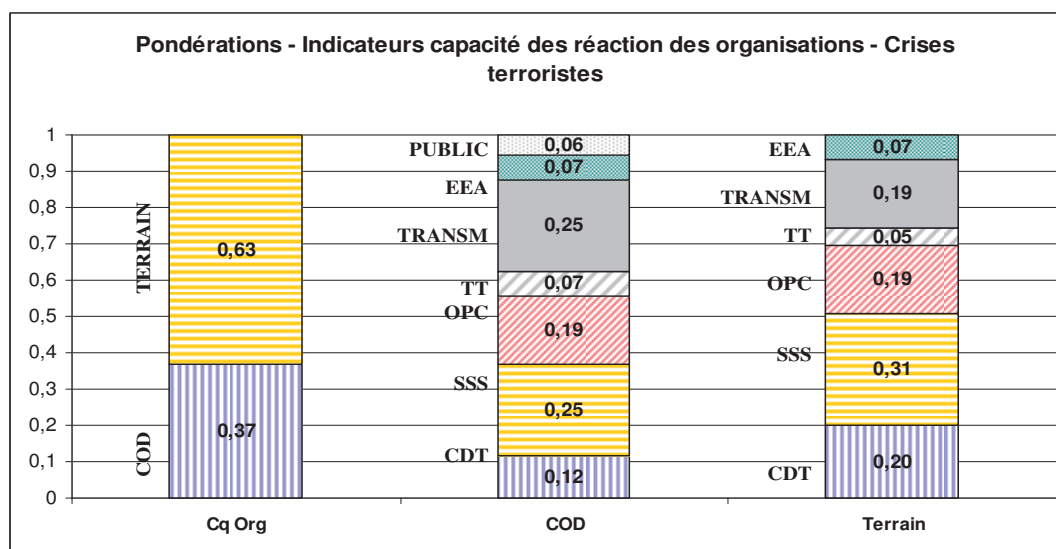


Figure 54 : Pondérations obtenues pour l'indicateur capacité de réaction des organisations

L'atteinte du fonctionnement du *COD*, dans le cas d'actes terroristes, est conditionné par des défaillances des missions de *soins secours sauvetage* (25%) et de *transmission* (25%). Concernant l'organisation mise en place sur le terrain, la mission prioritaire est identique aux deux autres types de crises c'est-à-dire celle de soins secours sauvetages (31%). De plus, il apparaît que les fonctions de commandement (20%), d'ordre public (19%) et de transmission (19%) sont approximativement égales.

8.2.3.5. Les facteurs aggravants

Selon les experts, les facteurs aggravants relatifs aux moyens sont majoritaires à 33%. Les quatre autres critères possèdent approximativement les mêmes poids.

Dans l'objectif de quantifier une situation donnée, à travers l'établissement d'un potentiel de crise, l'avis d'experts est utilisé pour quantifier l'importance relative des indicateurs, critères et éléments définissant l'objectif global. Les pondérations du potentiel de crise obtenues pour les trois types de crises sont synthétisées dans le tableau ci-dessous (Cf. Tableau 52), deux constats sont faits :

- selon les experts, l'importance relative de la vulnérabilité initiale du territoire dans le cas des crises naturelles est approximativement deux fois supérieure par rapport aux deux autres type de crise ;
- de plus, l'importance de l'indicateur conséquences globales pour les crises industrielles et terroristes est approximativement 1,5 fois supérieure comparativement au poids obtenu pour les crises naturelles.

Ces écarts de pondérations peuvent avoir une influence sur le résultat final.

Tableau 52 : Comparatif des pondérations du potentiel de crise pour les trois types de situations

Pondérations	Industrielle	Naturelle	Terroriste
Ind Cq	0.55	0.34	0.60
Ind Evd	0.08	0.11	0.17
INd Org	0.24	0.19	0.11
Ind VIT	0.13	0.36	0.12

L'ensemble des indicateurs et des critères décrivant le potentiel de crise des situations industrielles, naturelles et terroristes sont pondérés. L'étape suivante consiste à quantifier l'ensemble des critères et des éléments en vue d'évaluer la gravité des dix-huit retours d'expérience contenus dans la base de données.

8.3. Quantification du potentiel de crise

Après avoir établi l'ensemble des pondérations, cette section présente les quantifications des retours d'expérience des indicateurs pour d'établir le potentiel de crise

8.3.1. Les crises industrielles

Afin d'illustrer la quantification d'une situation donnée par la méthode de Saaty, sept retours d'expériences résultant d'un évènement industriel sont évalués. Pour rappel, les sept cas d'origine industrielle sont : l'explosion de l'usine AZF, l'accident de TMD dans le Gard, l'exercice Euratech, les explosions de Buncefiel, l'accident du tunnel du Mont Blanc, le crash du Concorde et le naufrage du pétrolier Erika. Par souci de clarté, les quantifications des quatre indicateurs sont présentées en premier, puis agrégées pour aboutir à la quantification globale de la situation.

8.3.1.1. L'indicateur évènement déclencheur

Ce premier indicateur exprime le potentiel danger de l'évènement déclencheur. La figure 55 présente les résultats obtenus pour les sept cas.

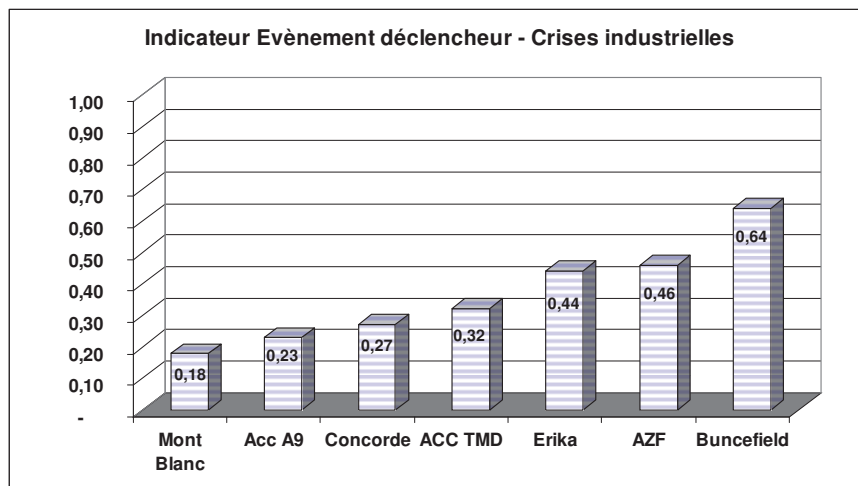


Figure 55 : Quantification de l'indicateur évènement déclencheur

Le potentiel danger de l'accident de Buncefield (0,64 sur 1) est supérieur à celui calculé pour l'explosion de l'usine AZF (0,46 sur 1) du fait de la présence d'*effets domino* à la suite des premières explosions. Le potentiel danger du naufrage de l'Erika (0,44 sur 1) est proche de celui de l'explosion d'AZF malgré une cotation de la *cinétique* et de la *gravité* supérieure

dans le dernier cas. Cela s'explique par le fait que le naufrage du pétrolier a affecté une spatialité plus importante.

8.3.1.2. L'indicateur conséquences globales

La figure 56 synthétise les résultats obtenus après quantification des conséquences *humaines*, *environnementales* et *les réseaux vitaux*. L'agrégation des trois critères conduit à l'obtention de l'indicateur *conséquences globales*.

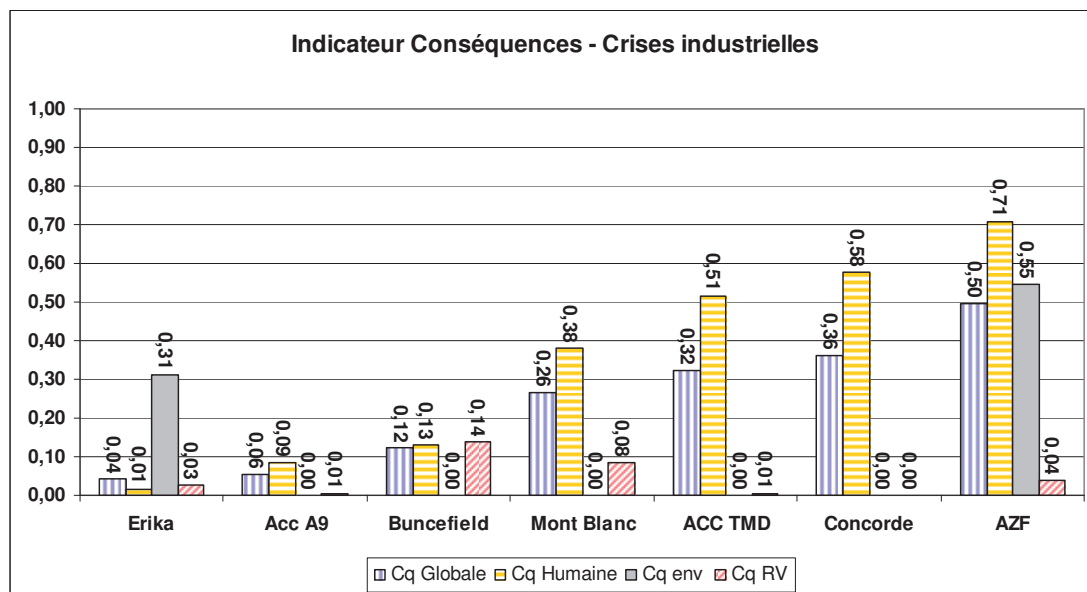


Figure 56 : Quantification de l'indicateur conséquences – Crises industrielles

Les *conséquences globales*, survenues à la suite de l'explosion de l'usine AZF en septembre 2001, ont un potentiel de 0,5 sur 1. Malgré un nombre de décédés moindre par rapport au crash du Concorde (30 morts contre 113), l'explosion ayant affecté une population plus vaste, les conséquences humaines participent à 71% au résultat final.

Pour l'accident du Concorde, le score de l'indicateur conséquences est de 0,36 sur 1. Les conséquences à la suite du crash de l'avion sont essentiellement humaines. Du fait des pondérations obtenues, le nombre de victimes influence le résultat final.

Concernant le naufrage de l'Erika et la pollution qui a suivi, l'indicateur *conséquences globales* est de 0,04 sur 1 malgré des *conséquences environnementales* élevées. En effet, ce dernier ne représente que 8% de l'indicateur *conséquences globales*.

8.3.1.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations

Les résultats de l'indicateur *capacité de réaction des organisations* et ce pour chaque retour d'expérience, sont synthétisés dans la Figure 57.

L'indicateur *organisation* pour l'accident AZF est de 0,19 avec principalement une atteinte des missions de *terrain*. Lors du naufrage de l'Erika, les acteurs présents en cellule de crise et sur le terrain, ont été affectés par la situation, d'où un indicateur organisation à 0,15. Plusieurs remarques apparaissent. Malgré une gestion efficace de l'explosion de l'usine AZF à Toulouse, l'indicateur organisation est supérieur aux autres cas. Cela peut être expliqué par un manque de données, relatives aux réactions des organisations pour les autres retours d'expérience.

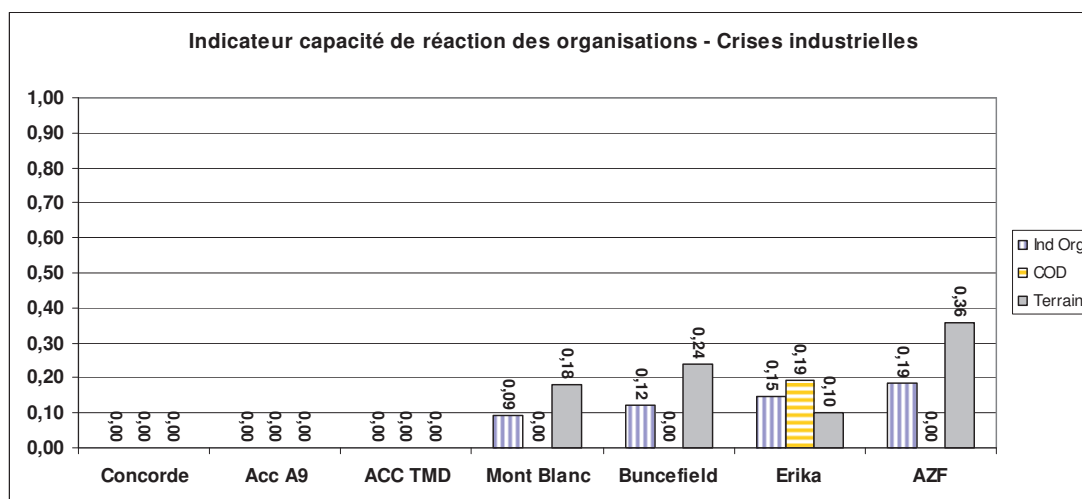


Figure 57 : *Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations – Crises industrielles*

8.3.1.4. Les facteurs aggravants

Pour chaque retour d'expérience, les facteurs aggravants (FA) sont quantifiés. La figure 58 représente le ratio des FA des trois catégories (événement déclencheur, conséquences et organisations).

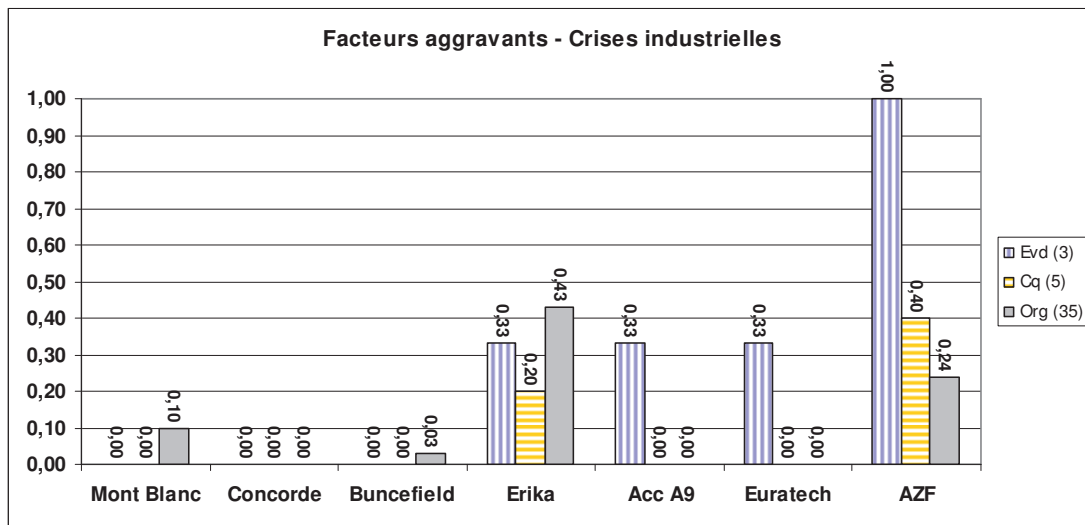


Figure 58 : Quantification des facteurs aggravants pour les situations industrielles

Concernant l'évènement déclencheur, les trois facteurs aggravants – connaissance de l'évènement insuffisante, difficultés à identifier les causes primaires et méconnaissance des installations – ont été mis en évidence au travers de l'analyse des REX d'AZF d'où un ratio maximum. De plus, deux facteurs aggravants sur les cinq relatifs aux conséquences, ont été notés à la lecture des REX (gestion difficile des familles et acteurs parmi les victimes) d'où un score de 0,4.

Lors du naufrage de l'Erika, de nombreux facteurs aggravants organisationnels, comme par exemple la non prise en compte des signaux avertisseurs ou le manque de doctrine commune entre les acteurs, sont apparus (16/34). Le ratio des facteurs aggravants est donc de 0,43 sur 1.

Les quatre indicateurs sont quantifiés, reste à les agréger pour obtenir le potentiel de crise.

8.3.1.5. Le potentiel de crise

Le potentiel de crise des sept retours d'expérience, selon l'équation [1.1] est calculé (Cf. Figure 59). Le niveau de vulnérabilité des territoires sur lesquels ont eu lieu les événements n'ayant pas été quantifié, par hypothèse, la vulnérabilité initiale du territoire est cotée à 0,5 pour tous les cas. Le maximum du potentiel de crise industrielle est de 1,87.

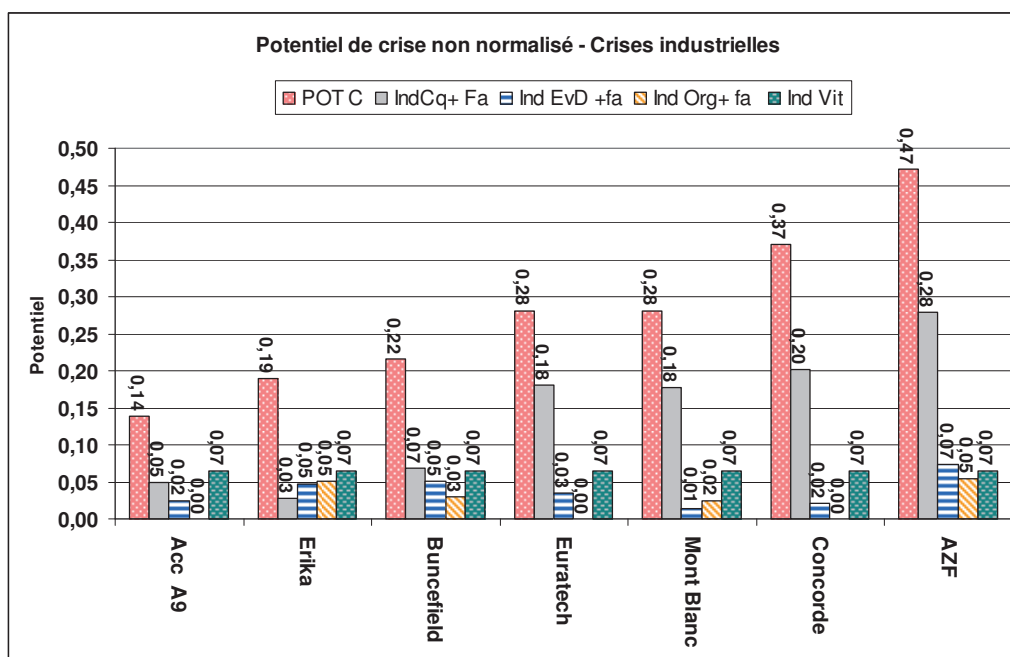


Figure 59 : Potentiel de crise des sept situations d'origine industrielle

Le cas de l'usine AZF en 2001 présente le plus fort potentiel de crise. Ce dernier est de 0,47 sur 1,87 avec un indicateur conséquences globales de 0,28. Le potentiel danger de l'accident du Concorde est de 0,37 sur 1,87. Cet évènement est particulièrement intéressant pour illustrer l'influence du critère nombre de morts (49%) et de l'indicateur conséquences globales (56%) dans la cotation de la gravité d'une situation donnée. Le potentiel final reflète majoritairement les conséquences.

Les potentiels de crise de l'accident du tunnel du Mont Blanc, de l'exercice Euratech, et des explosions de Buncefield sont respectivement, 0,28 sur 1,87, 0,28 sur 1,87 et 0,22 sur 1,87.

Malgré la présence de nombreux facteurs aggravants, la gravité du naufrage Erika est relativement basse. Le potentiel est de 0,19 sur 1,87. Ceci peut être mis en corrélation avec le faible niveau de l'indicateur *conséquences globales*, malgré une pollution importante de l'environnement. La situation ayant le potentiel de crise le plus faible, correspond à l'accident de transport de matières dangereuses de l'autoroute A9.

Le niveau de gravité d'une situation donnée, selon les pondérations obtenues par avis d'expert, est largement conditionné par la gravité des conséquences humaines.

8.3.2. Les crises naturelles

Huit retours d'expérience de situations d'origine naturelle sont retenus : l'ouragan Katrina, les tempêtes de 1999, les inondations de 2002 dans le Gard, les inondations de 2003 à Arles, les intempéries de neige en janvier 2003, le tsunami en Asie, la canicule et les inondations de 2005 dans le Gard.

8.3.2.1. Indicateur évènement déclencheur

La figure 60 synthétise les résultats obtenus pour l'indicateur évènement déclencheur.

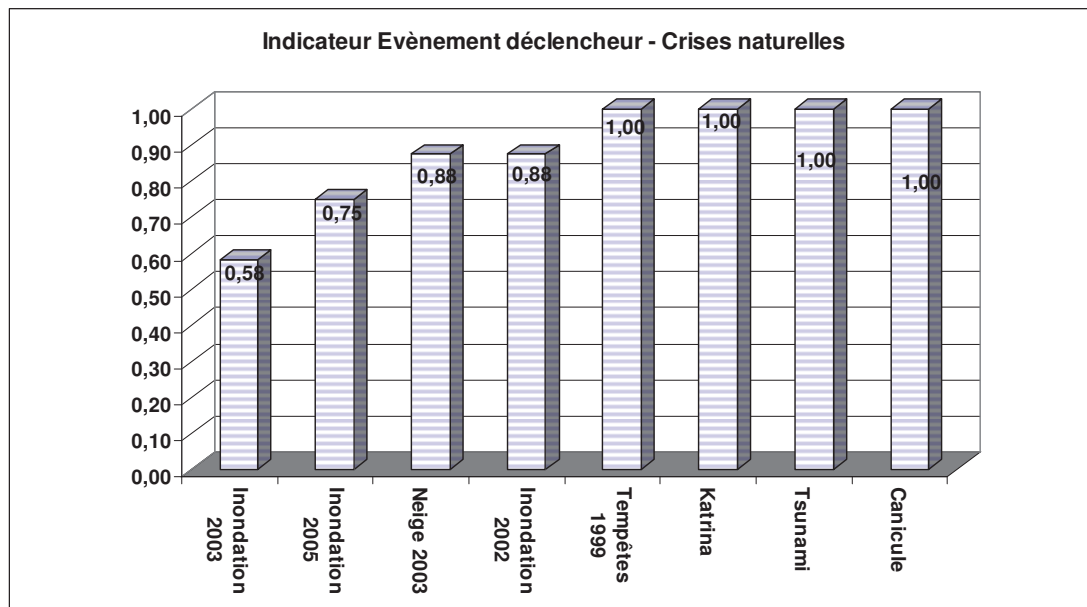


Figure 60 : *Quantification de l'indicateur évènement déclencheur - Crises naturelles*

L'ouragan Katrina, le tsunami, la canicule ainsi que les tempêtes de 1999 sont les événements possédant le plus fort potentiel danger (1 sur 1). Malgré une vigilance rouge pour les inondations de 2002, le maximum du potentiel danger n'a pas été atteint du fait d'une spatialité plus faible comparativement aux quatre autres cas.

8.3.2.2. L'indicateur conséquences

Les événements ayant les conséquences les plus importantes, et ce d'un point de vue global, sont l'ouragan Katrina (0,86), le tsunami (0,85) puis les tempêtes de 1999 (0,74) (Cf. Figure 61).

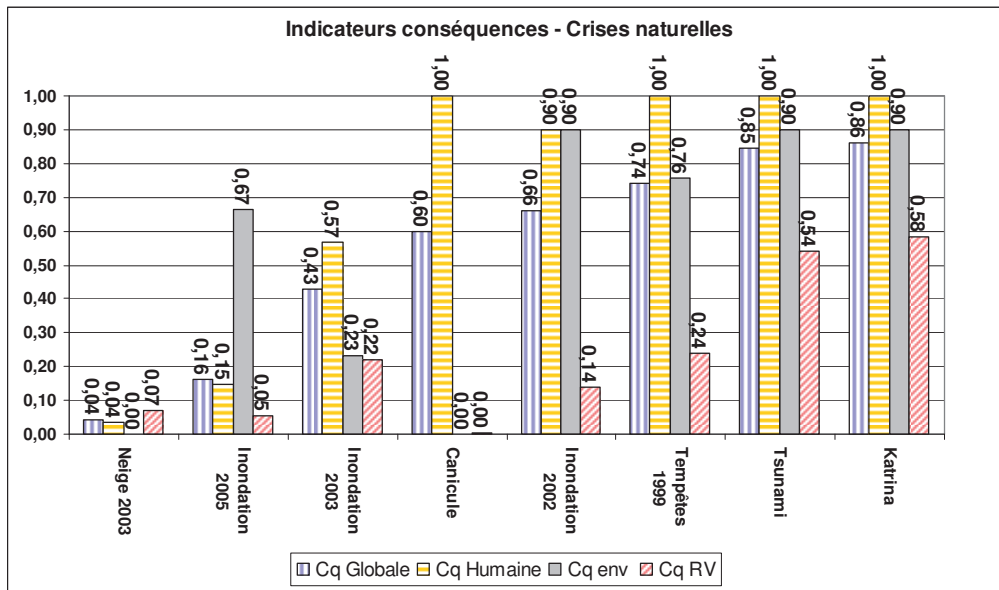


Figure 61 : Quantification de l'indicateur conséquences – crises naturelles

La canicule de l'été 2003 obtient un niveau de 0,6. Cet indicateur est conditionné par des conséquences humaines très importantes (environ 14 000 décédés). Comme cela été souligné précédemment, les conséquences humaines représentent 60% de l'indicateur final avec une pondération du critère nombre de morts à 40%. L'indicateur conséquences globales pour les inondations de septembre 2002 dans le Gard est de 0,16 malgré des conséquences sur l'environnement (0,67) et sur les réseaux vitaux non négligeables (0,90).

Ces résultats mettent en exergue un écrasement des valeurs obtenues pour les niveaux inférieurs des structurations hiérarchiques, plus particulièrement pour les éléments décrivant les conséquences sur les réseaux vitaux.

8.3.2.3. Indicateurs capacité de réaction des organisations

Les quantifications relatives à l'indicateur *capacités de réaction des organisations* sont illustrées figure 62.

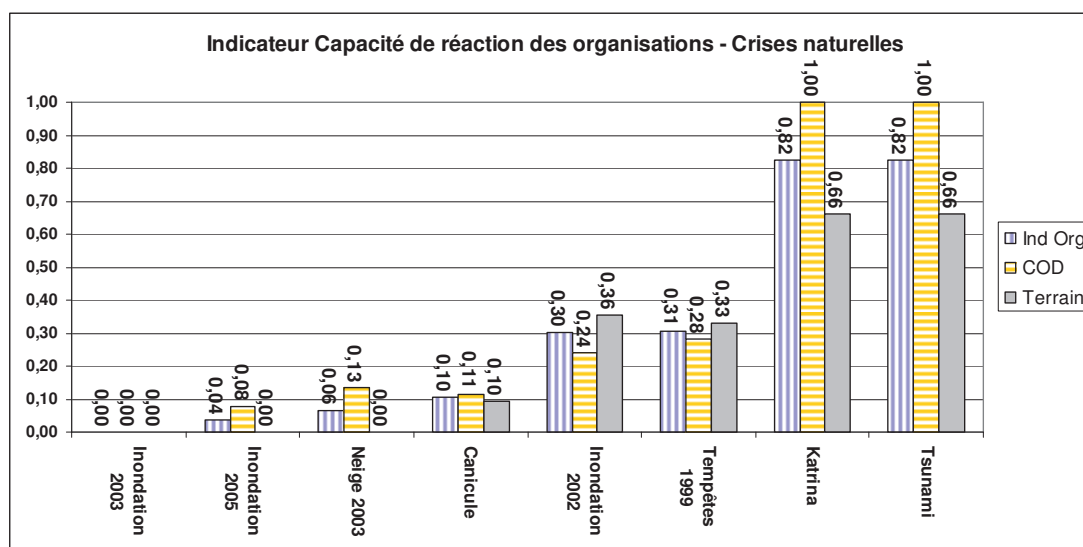


Figure 62 : *Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations – Crises naturelles*

Les capacités de réactions des organisations américaines dans le cas de l'ouragan Katrina et des organisations asiatiques dans le cas du Tsunami, ont atteint leurs limites. De part le *potentiel danger* des évènements (maximum de 1 atteint dans les deux cas), les organisations ont, soit été impactées directement par la situation (victimes de l'évènement), soit indirectement par l'ampleur et la gravité des conséquences, nécessitant des moyens de réponses hors norme (indicateur conséquences à 0,86 pour Katrina et 0,85 pour le tsunami).

Concernant la gestion des inondations de 2002 dans le Gard, les *capacités de réaction* des acteurs présents aux COD ont été affectées par la rupture totale des réseaux de communication pendant plusieurs heures (indicateur réseaux vitaux à 0.9). Comparativement aux tempêtes de 1999, les *capacités de réactions des organisations* n'ont été atteintes qu'à 30%, les organisations ayant présenté un certain degré de résilience malgré l'ampleur des dommages.

8.3.2.4. Les facteurs aggravants

Les situations ayant été amplifiées par la présence de facteurs aggravants sont : l'ouragan Katrina, le tsunami en Asie, la canicule, les inondations de 2002, et, à une moindre échelle, les intempéries de neige (Cf. Figure 63).

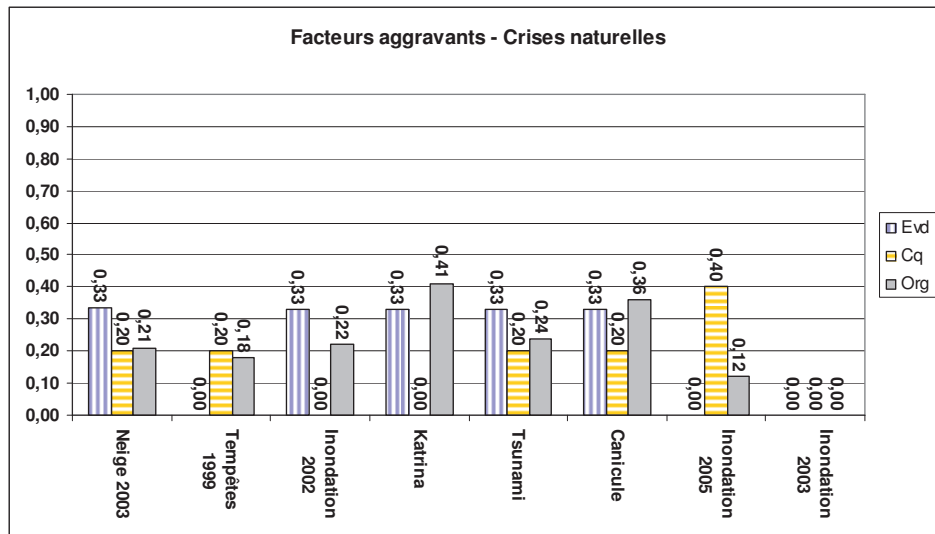


Figure 63 : Quantification des facteurs aggravants

Le facteur aggravant « connaissance de l'évènement déclencheur insuffisante » se retrouve dans cinq cas (intempérie de neige, Katrina, inondations de 2002, tsunami et canicule). Les défaillances organisationnelles sont importantes pour Katrina (0,41 avec 14 FA sur 34), la canicule (0,36 avec 13 FA sur 34) et le tsunami (0,24 avec 8 FA sur 34).

8.3.2.5. Le potentiel de crise

Les potentiels de crises des huit retours d'expériences sont représentés en figure 64. La valeur maximale du potentiel de crises naturelles est de 1,64.

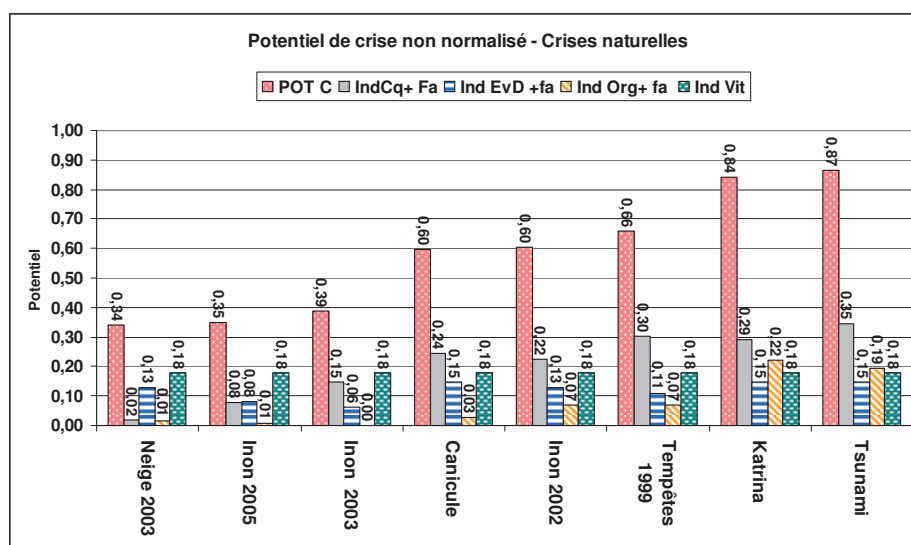


Figure 64 : Quantification du potentiel de crises pour les situations d'origine naturelle

Les trois cas présentant un potentiel élevé sont, par ordre croissant, les tempêtes de 1999 (0,66 sur 1,64), l'ouragan Katrina (0,84 sur 1,64) et le tsunami (0,87 sur 1,64). La gravité de ces situations est conditionnée par des conséquences globales élevées. Les capacités de réaction des organisations dans le cas de Katrina et du Tsunami ont été affectées de par l'ampleur des conséquences, la gravité du potentiel danger et des défaillances multiples.

Il apparaît également que les potentiels de crise des inondations de 2002 et de la canicule sont égaux (0,60 sur 1,64). Ces deux phénomènes sont caractérisés par des conséquences élevées mais les organisations n'ont été atteintes que modérément. Concernant les trois autres cas que sont les intempéries de neige en 2003 (0,39 sur 1,64) et les inondations de 2005 (0,35 sur 1,64) et 2003 (0,39 sur 1,64), les potentiels de crise sont approximativement égaux. Les organisations ont répondu adéquatement à la situation.

Comme souligné dans le cas des crises industrielles, la gravité d'une situation est conditionnée par l'ampleur des conséquences. De plus, la présence de défaillances organisationnelles aggrave la situation.

8.3.3. Les crises terroristes

Afin d'établir les potentiels de crise des trois situations d'origine terroriste, les quatre indicateurs sont évalués

8.3.3.1. L'indicateur évènement déclencheur

Les sept critères conditionnant l'obtention du potentiel danger de l'évènement déclencheur ont été quantifiés. La figure 65 illustre les résultats obtenus.

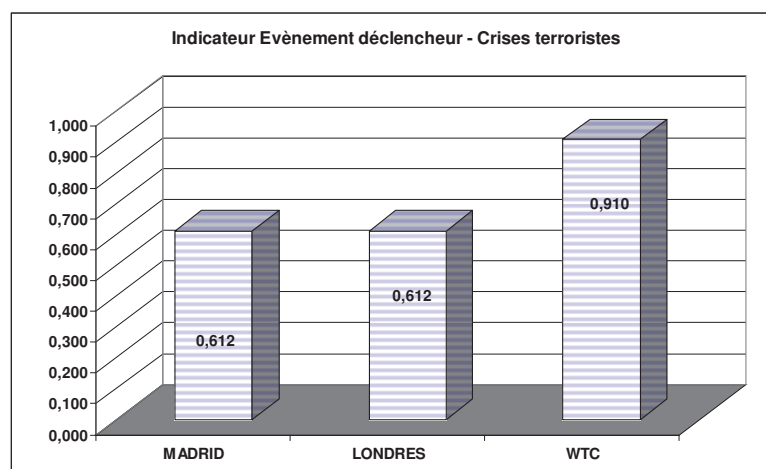


Figure 65 : Quantification de l'indicateur évènement déclencheur pour les crises terroristes

Il apparaît que les attentats du 11 septembre 2001 aux Etats Unis sont caractérisés par une gravité assez élevée (0,91 sur 1). Au regard de la cotation de l'évènement, les sept critères sont à la valeur maximale. En effet, quatre évènements, avec des cinétiques instantanées, ont eu lieu en l'espace d'une heure, dans trois juridictions différentes (New York, Washington et Pittsburg). Les attaques du World Trade Center ont entraîné l'effondrement des tours jumelles (sur-accident). Les potentiels danger des attentats de Londres et de Madrid sont équivalents. Ces deux situations ont touché une spatialité équivalente et n'ont pas entraîné de sur-accident comme dans le cas précédent.

8.3.3.2. L'indicateur conséquences

Dans le cas des attentats du 11 septembre 2001, l'indicateur *conséquences globales* est de 0,64 sur 1 avec des conséquences *humaines* maximales (1 sur 1). Les *réseaux vitaux* qu'il s'agisse des réseaux *d'énergie ou les services à la population* (finance, gouvernement) ont été impactés. Dans le cas des attentats de Madrid et de Londres, les conséquences sur les *réseaux vitaux* sont moindres (Cf. Figure 66).

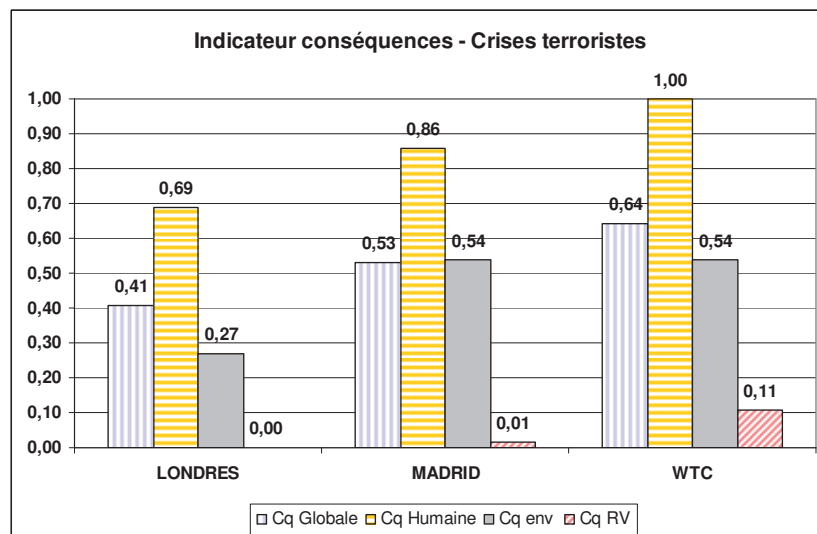


Figure 66 : Quantification de l'indicateur conséquences globales pour les crises terroristes

8.3.3.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations

La figure 67 illustre les capacités de réaction des organisations lors des trois attentats terroristes.

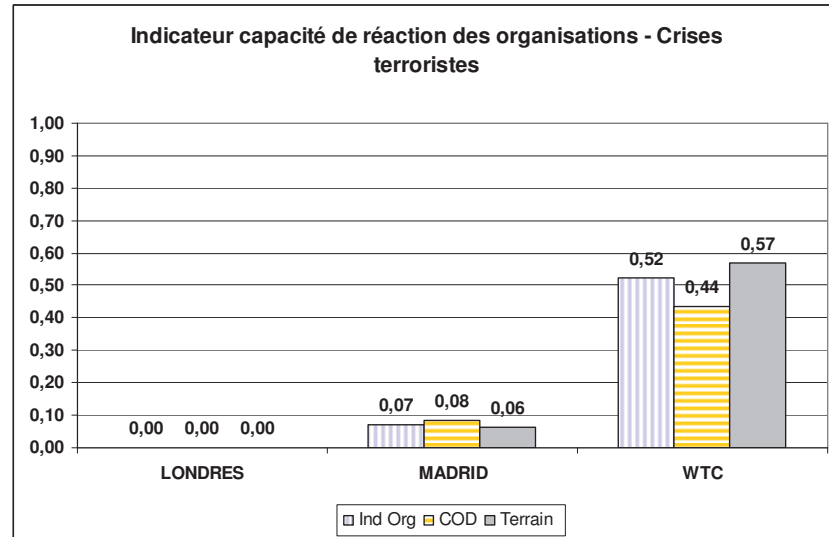


Figure 67 : Quantification de l'indicateur capacité de réaction des organisations

Les attentats du 11 septembre et plus particulièrement ceux du World Trade Center ont affecté les organisations de par un potentiel danger élevé ayant provoqué des dommages considérables. Les organisations ont été confrontées à de nombreuses problématiques telles que la rupture des réseaux de communication, empêchant les acteurs de se coordonner au mieux. De plus, la présence de nombreux facteurs aggravants de type organisationnel à amplifié la situation et à entravé l'action des secouristes. Dans le cas des attentats de Londres et de Madrid, les capacités d'action des organisations n'ont pas été atteinte ou que faiblement (0,007 sur 1).

8.3.3.4. Les facteurs aggravants

Lors des attentats du 11 septembre, de nombreux facteurs aggravants relatifs à la fois à l'évènement déclencheur, aux conséquences et aux organisations sont apparus, amplifiant ainsi la situation. Les facteurs aggravants relatifs aux attentats de Madrid et de Londres sont principalement d'origine organisationnelle.

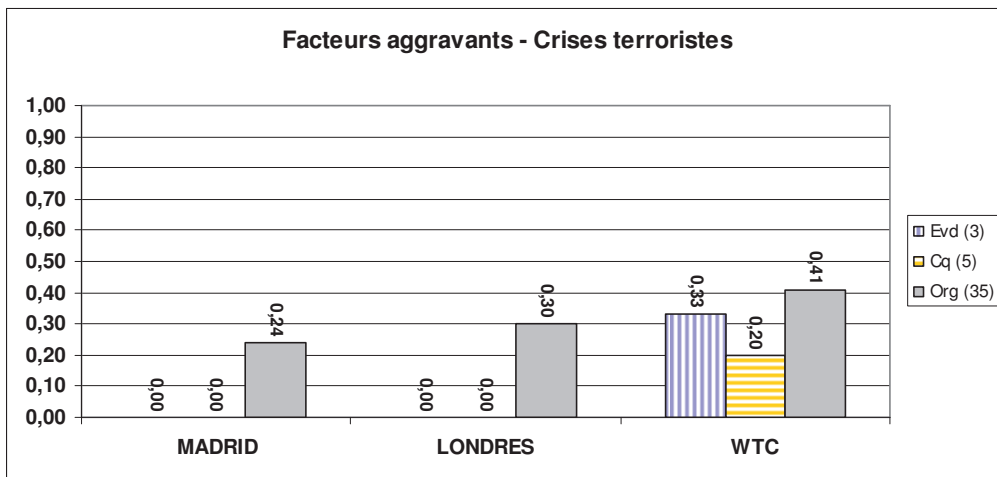


Figure 68 : Quantification des facteurs aggravants

8.3.3.5. Le potentiel de crise

Le potentiel de crise de ces trois situations est défini en agrégeant les quatre indicateurs et les ratios de facteurs aggravants. le potentiel de crises des attentats du 11 septembre atteint 0,81 sur 1,89. Les évènements de Londres et de Madrid sont d'importance équivalente avec des potentiels respectivement de 0,41 sur 1,89 et 0,49 sur 1,89. (Cf. Figure 69)

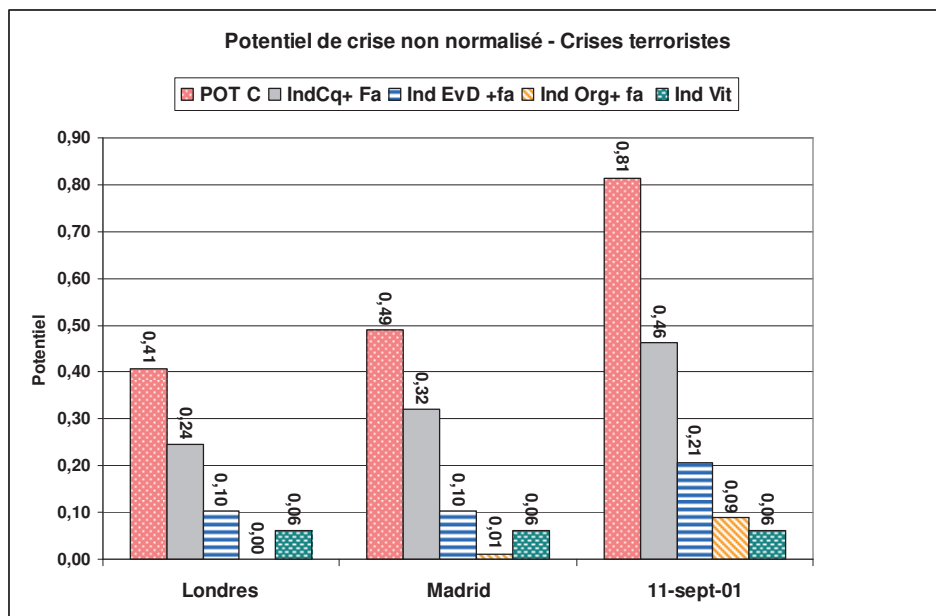


Figure 69 : Le potentiel de crise des trois situations d'origine terroriste

Ainsi, la gravité des attentats dépend à la fois de l'importance des conséquences et de la gravité du potentiel danger.

Les potentiels de crise des dix-huit retours d'expérience sont désormais quantifiés. Afin de connaître exactement le comportement du système de crise, une qualification des valeurs obtenues est envisagée.

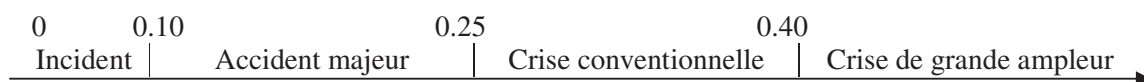
8.4. Qualification du potentiel de crise

Le système global de crise, tel que présenté au chapitre 5 peut évoluer vers quatre comportements distincts que sont l'incident, l'accident majeur, la crise conventionnelle et la crise de grande ampleur.

Dans le but de qualifier les potentiels calculés précédemment, la mise en place d'une échelle spécifique à la méthode de Saaty est créée. Cette dernière comprend quatre niveaux. Selon les fonctions pondérées établies, la valeur maximale théorique du potentiel de crise est de 1. Or, le potentiel maximal obtenu pour l'ensemble des cas est de 0,51. Les seuils ont été définis de la manière suivante :

- entre 0 et 0,10 inclus, les situations sont qualifiées d'incident.
- entre 0,10 et 0,25 inclus, les situations correspondent à des accidents majeurs.
- entre 0,25 et 0,40 inclut, la situation à un comportement de crise conventionnelle.
- toutes les situations, ayant un potentiel supérieur à 0,40, sont qualifiées de crise de grande ampleur.

Ces plages sont notamment définies au travers d'une consultation d'experts.



La figure 70 positionne le comportement des cas en fonction de leur potentiel de crise.

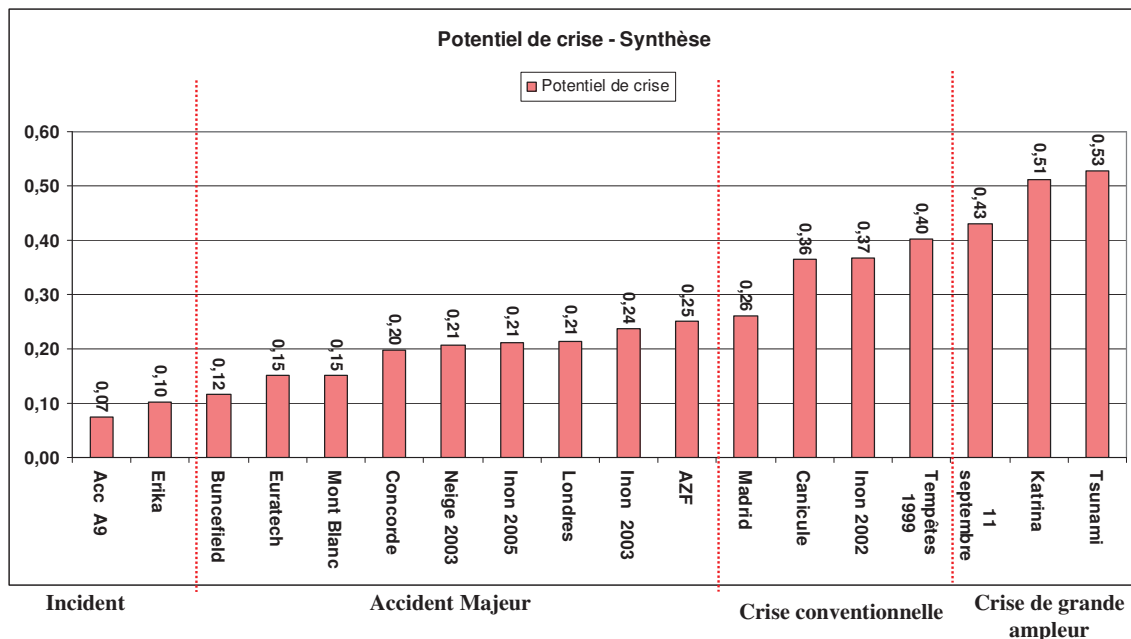


Figure 70 : *Qualification du comportement des retours d'expérience*

Trois situations revêtent un comportement de crise de grande ampleur. Il s'agit du tsunami en Asie, de l'ouragan Katrina aux Etats-Unis et des attentats du World Trade Center. Les tempêtes de 1999, les inondations de 2002 dans le Gard, la canicule de l'été 2003 et les attentats terroristes de Madrid en mars 2004 sont identifiées en tant que crises conventionnelles. Les situations qualifiées d'accident majeur sont au nombre de neuf. Il s'agit de l'explosion de l'usine AZF en septembre 2001 à Toulouse, des inondations de 2003 dans les Bouches du Rhône, des attentats terroristes de Londres en juillet 2005, des intempéries de neige en 2003, du crash du Concorde, de l'incendie du tunnel du Mont Blanc, de l'exercice Euratech et des explosions de Buncefield. Seul deux événements sont qualifiés d'incident. Il s'agit de l'accident de TMD sur l'autoroute A9 et le naufrage du pétrolier l'Erika.

Le poids de la vulnérabilité initiale du territoire dans le cas d'une crise naturelle, selon les experts est deux fois supérieur aux poids obtenus pour les crises industrielles et terroristes (0,36 contre 0,13 et 0,12). De plus, une des limites de ce classement vient du fait que ce critère n'a pas été quantifié en fonction des spécificités des territoires sur lesquels se sont produits les événements, mais posé par hypothèse comme constante (0,5).

Le passage d'une situation à une autre est conditionné par trois critères que sont : la gravité du potentiel danger et des conséquences engendrées, la capacité de réaction des organisations influencée par des facteurs aggravants et la vulnérabilité initiale du territoire. Or, par hypothèse, la vulnérabilité initiale du territoire est cotée à 0,5 sur 1. Ce critère pour le propos, ne peut être utilisé actuellement.

8.4.1. Les crises de grande ampleur

Les crises de grande ampleur sont caractérisées par un potentiel danger de l'évènement déclencheur maximal (cotation de 1 sur 1 dans le cas du tsunami et de l'ouragan Katrina et de 0,910 sur 1 pour les attentats du 11 septembre) (Cf. Figure 71).

La spatialité impactée est supérieure dans les trois cas à 10 000 km² (l'équivalent de deux départements français). Ces trois phénomènes ont provoqué des conséquences humaines considérables (200 000 décédés pour le tsunami, 1 417 dans le cas de l'ouragan Katrina et 2 996 pour les attentats). La majorité des victimes pour Katrina et les attentats résultent d'un sur-accident engendré par le premier phénomène (inondation et effondrement de structures bâtementaires). Les réseaux vitaux ne sont pas en reste puisque des défaillances touchant à la fois les cinq catégories de réseaux ont été notées. Face à une telle ampleur, les organisations ont été atteintes.

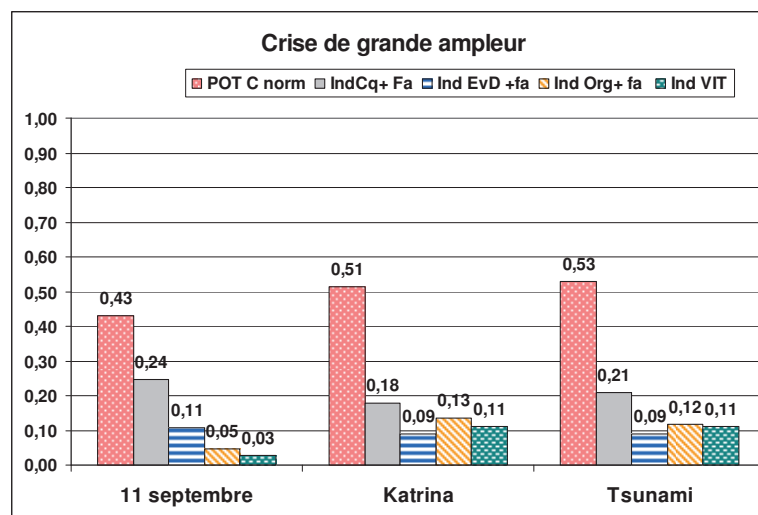


Figure 71 : Les 3 REX qualifiés de crises de grande ampleur

Les facteurs aggravants ont amplifié la situation et limité l'action des organisations. Pour Katrina, les défaillances sont majoritairement liées aux moyens opérationnels et aux acteurs. Deux causes peuvent être évoquées. De part l'ampleur des conséquences et des actions à entreprendre, les acteurs ont été débordés. De plus, leurs capacités de réaction ont été impactées directement par l'ouragan (rupture des réseaux de communication, atteinte des moyens matériels), retardant d'autant plus leurs actions auprès des populations. Concernant les attentats du World Trade Center, les organisations ont répondu promptement malgré la présence de secouristes parmi les victimes.

Une limite à cette comparaison provient également de la qualification et de la quantification de la vulnérabilité initiale du territoire. Par hypothèse, la vulnérabilité des Etats-Unis et de la Thaïlande sont équivalentes. Or la réalité est toute autre. En effet, la vulnérabilité d'un territoire est influencée par plusieurs facteurs d'ordres socio, économiques, politiques en fonction du type de dangers auxquels le territoire est soumis.

8.4.2. Les crises conventionnelles

Les tempêtes de 1999, les inondations de 2002, la canicule et les attentats de Madrid sont classés comme des crises conventionnelles par la méthode d'aide à la gestion des crises (Cf. Figure 72).

Comparativement, ces quatre situations présentent des conséquences équivalentes (de 0,14 pour les inondations de 2002 à 0,18 pour les tempêtes de 1999).

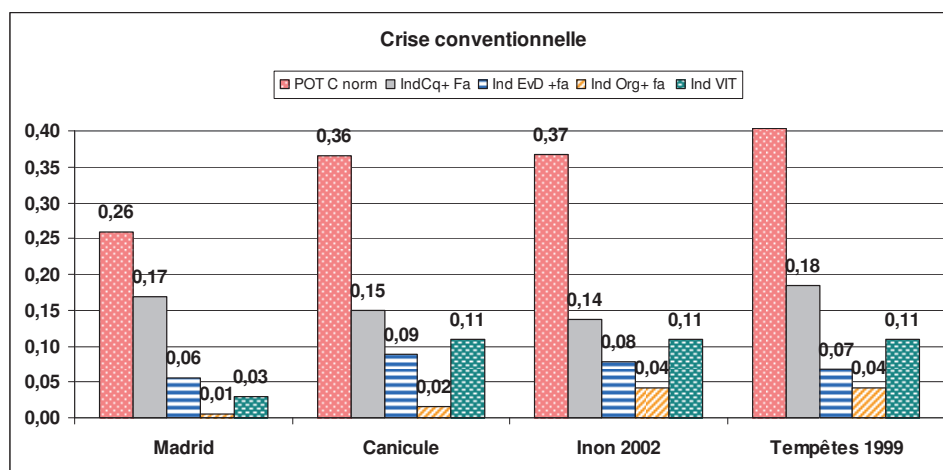


Figure 72 : Les quatre REX qualifiés de crises conventionnelles

Néanmoins, les tempêtes de 1999, pourraient être classées en tant que crise de grande ampleur, la limite fixée à 0.40 étant subjective car liée aux jugements des experts. Les conséquences de cette crise sont égales, en termes d'importance à l'ouragan Katrina. La différence fondamentale entre la gravité de l'ouragan Katrina et les tempêtes de 1999 sont à rechercher au niveau de la réaction des organisations. Dans le premier cas, l'indicateur organisation est à 0,13, contre 0,04 pour les tempêtes. Ces deux situations confortent l'hypothèse selon laquelle, un état initial évolue vers un état de crise sous l'action des défaillances organisationnelles.

8.4.3. Les accidents majeurs

Neuf retours d'expériences sont qualifiés d'accident majeur par cette approche. Il s'agit, par ordre de grandeur, de l'accident de l'usine AZF, des inondations de 2003, des attentats de Londres, des intempéries de neige en 2003, du crash du Concorde, de l'incendie du tunnel du Mont-Blanc, de l'exercice Euratech et des explosions de Buncefield (Cf. Figure 73).

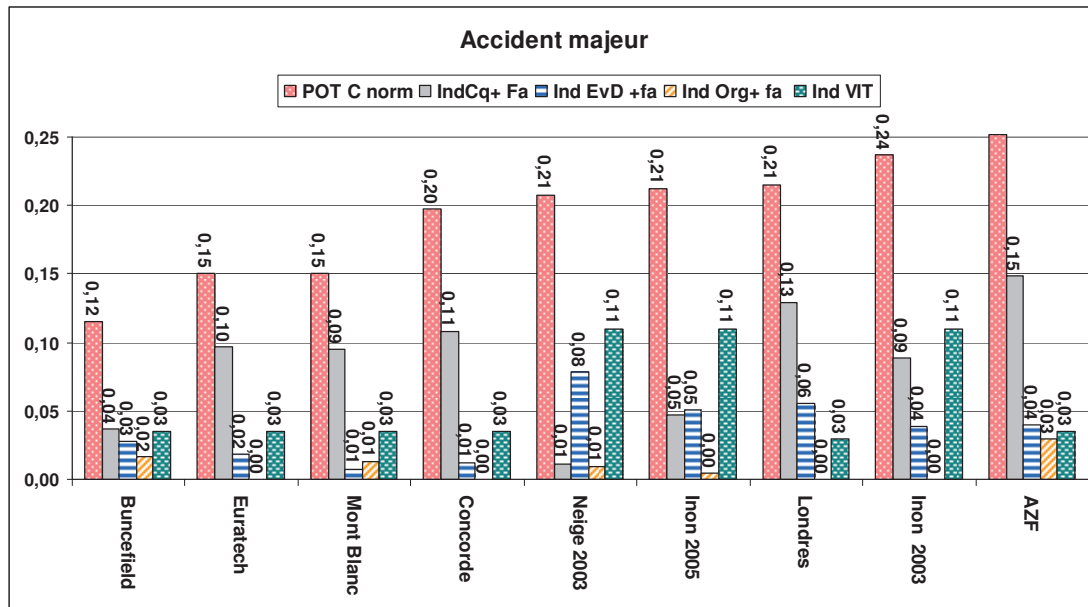


Figure 73 : Les sept REX qualifiés d'accidents majeurs

Comme précédemment, l'indicateur vulnérabilité initiale du territoire influence la gravité des situations d'origine naturelle. Le REX des inondations de 2005 est pris en exemple pour illustrer cette limite. En effet, comparativement aux attentats de Londres, les inondations de 2005 présentent un potentiel danger et des conséquences globales moindres, mais du fait d'une pondération de l'indicateur VIT environ quatre fois plus élevé par rapport aux autres cas, le potentiel final est supérieur.

Concernant les intempéries de neige de 2003, la gravité de cette situation est équivalente au crash du Concorde, à l'incendie du tunnel du Mont Blanc et à l'exercice Euratech, malgré un niveau de conséquences moindre.

Il est important également de souligner que l'accident de l'usine AZF est également un cas limite puisque selon une autre échelle, ce dernier pourrait être classé en tant que crise conventionnelle.

8.4.4. Les incidents

Seuls deux retours d'expérience sont qualifiés d'incident. Il s'agit de l'accident de transport de matières dangereuses sur l'autoroute A9 et du naufrage du pétrolier Erika (Cf. Figure 74).



Figure 74 : Les 2 REX qualifiés d'incident par la méthode de Saaty

Le classement du naufrage de l'Erika et de la marée noire qui a suivi en tant qu'incident est intéressant à plusieurs titres. Cet événement selon l'échelle du Barpi, détient la même gravité que l'accident de l'usine AZF, ce qui n'est pas le cas dans cette étude. Les conséquences principales de cet événement sont d'ordres économiques et environnementaux. Or, le critère économique n'est pas intégré dans l'évaluation du système de crise de grande ampleur.

8.5. Limites et perspectives

La méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty est utilisée pour appréhender la complexité d'une crise. En structurant les informations d'évaluation du système de crise général, elle permet d'établir un potentiel unique de synthèse. Par ce biais, les acteurs de la Sécurité Civile se représentent la gravité d'une situation donnée. Cependant, cette méthode présente certaines limites.

En effet, l'importance relative des critères et des éléments constitutifs du potentiel de crise est uniquement basé sur le jugement subjectif des experts. De plus, la vulnérabilité initiale du territoire, par hypothèse, est cotée à 0,5. De ce fait, les résultats obtenus ne sont pas représentatifs de la réalité de l'état initial.

Une deuxième limite concerne la cotation de la base de données. Certains retours d'expérience n'ont pu être cotés de manière précise du fait d'un manque de données dans les retours d'expérience, et ce particulièrement pour l'indicateur organisations.

Néanmoins, cette approche présente l'avantage de fournir un cadre structuré de hiérarchisation et d'exploitation des informations provenant du terrain, selon des priorités.

Afin de pouvoir appliquer de manière adéquate cette méthode sur un territoire donné, plusieurs améliorations peuvent être apportées :

- les pondérations des indicateurs, des critères et des éléments devront être obtenues au travers du recueil des acteurs agissant sur le territoire d'application. Culturellement, l'acceptabilité et la prise en compte des risques varient selon un territoire donné. Lors de l'adaptation de cette méthode, les pondérations ainsi que les facteurs quantitatifs devront refléter d'une part les caractéristiques propres du territoire afin d'aboutir à une représentation réaliste de ce dernier, et d'autre part les modes de gestion et les capacités de réaction des organisations.

- afin de pallier l'écrasement des valeurs relatives aux conséquences sur les réseaux vitaux et les conséquences environnementales, la structuration hiérarchique des conséquences globales devra intégrer un nombre plus restreint de niveaux.

- un état initial évolue vers une situation de crise sous l'action de facteurs aggravants. Or, de par l'intégration de ces paramètres au niveau des trois indicateurs, la reconnaissance de la dynamique de crise de grande ampleur perd en lisibilité. Afin de redonner de l'importance aux facteurs aggravants, ces derniers devront être regroupés sous un indicateur unique, à part entière, situé au même niveau que les quatre autres.

L'avantage principal de cette méthode réside dans le formalisme de quantification et de qualification du processus conduisant un état initial (mode de fonctionnement normal) à évoluer vers un état de crise de grande ampleur permettant ainsi d'obtenir une représentation globale du territoire et des réalités de la crise.

Conclusion

Dans le but de définir un potentiel unique de synthèse reflétant le comportement du système de crise, la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises s'appuie sur la méthode de décision multicritères de Saaty. Sa mise en œuvre se décompose en quatre étapes :

- la structuration des informations d'évaluation du système de crise ;
- l'établissement des pondérations par avis d'expert ;
- la quantification des quatre indicateurs en fonction des informations sur le lieu de la crise et leur agrégation pour obtenir le potentiel de crise ;
- la qualification de la situation selon quatre comportements que sont l'incident, l'accident majeur, la crise conventionnelle et la crise de grande ampleur.

La différenciation entre ces quatre états s'effectue au travers de la quantification du potentiel danger de l'évènement, des conséquences sur les enjeux, de la capacité de réaction des organisations et de la vulnérabilité initiale du territoire.

Afin de démontrer la faisabilité de cette approche, le potentiel de crise des dix-huit retours d'expériences a été quantifié afin de définir le comportement de ces cas. Trois situations antérieures, toutes à l'étranger, sont qualifiées de crise de grande ampleur. Il s'agit de l'ouragan Katrina aux Etats-Unis, le tsunami en Asie et les attentats du 11 septembre en 2001. Les tempêtes de décembre 1999, classées en tant que crise conventionnelle, présentent néanmoins un comportement proche de celui de crise de grande ampleur.

Chapitre 9

Evaluation du potentiel de crise par les réseaux de neurones

La mémoire, c'est l'imagination à l'envers
D. Pennac, *La fée carabine*

-
- 9.3. Limites et perspectives des réseaux de neurones
 - 9.2. Les réseaux de neurones multicouches
 - 9.1. Les réseaux de neurones comme classifieur à deux classes
-

Introduction

L'intérêt du classifieur neuronal réside dans sa capacité à identifier la classe d'appartenance d'un objet, d'un individu ou encore une situation complexe, au travers de leur description sous forme de vecteur d'entrée. De ce fait, l'utilisation des réseaux de neurones pour modéliser des processus et apporter une aide à la décision semble intéressante pour la gestion des crises de Sécurité Civile où l'ensemble des crises possible n'a pas encore été vécu. En fonction des données recueillies, on demandera au réseau de neurones de classifier la situation en présence selon les quatre comportements que sont : l'incident, l'accident majeur, la crise conventionnelle et la crise de grande ampleur. Qui plus est, outre ses capacités attendues à donner une aide à la décision insensible au stress et à la fatigue, un des avantages de cette méthode automatique, et non un des moindres, est que les acteurs disposeront d'une représentation commune de la situation.

Du fait d'un manque de situations de crises dans la base de données, les réseaux de neurones étudiés ne constituent pas à l'heure actuelle un dispositif opérationnel. Ce chapitre a néanmoins comme ambition d'évaluer la faisabilité de mise en œuvre d'un classifieur neuronal de niveau de crise. Pour cela, la démarche classique d'évaluation de la difficulté du problème de classification est présentée. Puis, une fois mise en évidence la difficulté liée au nombre trop faible d'évènements disponibles, la méthode est déroulée jusqu'à son terme afin de présenter toutes les étapes nécessaire au développement correct d'un réseau de neurones.

Quatre architectures de réseaux de neurones sont ainsi développés, depuis la plus simple effectuant la séparation linéaire, jusqu'au réseau multicouche. Enfin, la faisabilité d'un système neuronal d'aide à la décision pour aider à la gestion des crises est démontrée.

9.1. Les réseaux de neurones comme classifieur à deux classes

Comme cela a été présenté précédemment l'intérêt des réseaux de neurones réside dans leur propriété d'approximation universelle. Cette propriété prend tout son sens dans le cas d'une fonction non linéaire, et a contrario perd de son intérêt pour identifier une fonction linéaire : l'algèbre linéaire est alors suffisante. Néanmoins, comme le formalisme des réseaux de neurones permet de passer très facilement d'une fonction à l'autre, cette facilité est utilisée dans cette étude. Avant toute chose, il est donc nécessaire de vérifier si la classification des situations de crise est un problème linéairement séparable.

Cependant, comme cela a été illustré à la section 6.3, le concept de séparation linéaire prend tout son sens dans l'espace défini par les entrées du réseau de neurones ; le vecteur E .

La séparation ou non séparation linéaire dépend donc du codage des entrées, ou en d'autres termes de leur représentation. Si le calcul et l'agrégation des entrées ne peuvent être remis en cause à ce niveau de l'étude, en revanche la tâche de classification peut elle être considérée dans toute sa complexité ou être décomposée pour être simplifiée. A cette fin, la méthode proposée par Knerr (1991) est envisagée : « diviser pour mieux régner ». En d'autre termes, et pour expliciter, la détermination de l'état crise de grande ampleur peut être réalisée en une seule décision : en séparant cet état de tous les autres états ; on dit alors « séparer une classe de toutes les autres ». Cette fonction peut aussi être réalisée en étudiant les différentes classes deux à deux : on étudie la séparation de la classe *crise de grande ampleur* de celle de la classe *crise conventionnelle*, puis la séparation de *crise de grande ampleur* de *accident majeur*, et enfin *crise de grande ampleur* de *incident*. Or, chacune de ces séparations deux à deux est plus simple que la séparation « une classe de toutes les autres ». L'évaluation de la difficulté du problème devra donc être menée en croisant les deux considérations : linéairement séparable ou pas, et séparation deux à deux ou une classe de toutes les autres. Pour chacun de ces cas, une architecture appropriée est proposée, l'apprentissage réalisé et l'évaluation de la qualité du réseau est présentée.

Enfin ce chapitre ne peut éviter de prendre en considération la limite principale de ce travail : la taille de la base de données. En effet, le type de calculs réalisé par le réseau de neurones serait assimilé, si l'on était dans une configuration linéaire sans couche cachée et avec un seul neurone de sortie (Johannet, 1997) à la résolution d'un système de dix-huit équations (dimension de la base de données des événements) comprenant autant d'inconnues que de coefficients synaptiques. A supposer que les événements de la base de données soient linéairement indépendants, il faudrait toujours au moins autant d'événements que de coefficients synaptiques pour réaliser l'apprentissage de manière correctement déterminée. Cette considération doit être complétée par le fait, qu'en non linéaire, lorsque l'on a une couche cachée, le nombre de coefficients synaptiques augmente grandement alors que le nombre d'événements reste constant : le problème est donc toujours, dans ce cas présent, sous déterminé.

C'est pour cette raison que cette étude ne peut prétendre qu'à évaluer la faisabilité d'utilisation des réseaux de neurones et ne peut définir un classifieur opérationnel.

Afin de définir la modélisation idéale, deux architectures effectuant une séparation linéaire des classes seront testées.

9.1.1. Architecture 1 : les crises de grande ampleur et les autres

Pour commencer, la fonction la plus intuitive ; la séparation « une classe de toutes les autres » est envisagée ; l'objectif étant de séparer la classe « crise de grande ampleur » de toutes les autres configurations.

Les entrées du réseau correspondent aux neuf entrées définies au chapitre 7 et à l'entrée constante. La sortie renseigne sur la classe affectée à la situation présentée. Deux états sont envisagés :

- la classe notée -1 correspond aux situations d'incident, d'accident majeur et de crise conventionnelle ;
- la classe +1 représente les crises de grande ampleur.

Le premier essai effectué afin d'évaluer la complexité de cette séparation a pour objectif de savoir si la séparation linéaire est possible. Ceci est réalisé en utilisant un seul neurone binaire. Ce dernier ne peut que construire un hyperplan dans l'espace à 10 dimensions du vecteur d'entrée ; l'architecture du « réseau à un neurone » est représentée en figure 75.

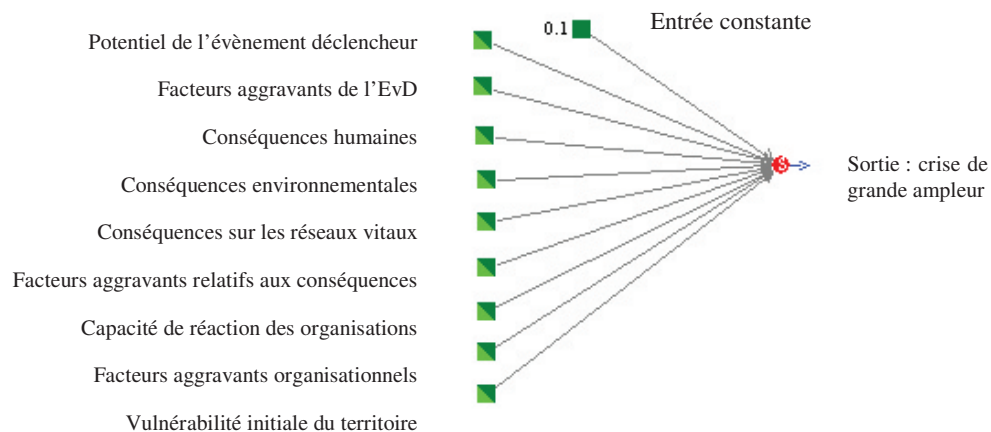


Figure 75 : Représentation de l'architecture 1

La première étape de mise en œuvre du réseau correspond à l'apprentissage. Ce dernier est réalisé sur l'ensemble des dix-huit retours d'expérience avec la règle de Levenberg Marquardt. Le réseau apprend correctement les cas qui lui sont présentés. Lors de la phase de généralisation, successivement, chaque cas a été testé, l'apprentissage ayant été réalisé sur les autres événements. Les résultats de la généralisation sont les suivants :

- Les quinze situations notées en -1 ont été correctement reconnues par le réseau.
- Concernant les crises de grande ampleur, le Tsunami et l'ouragan Katrina sont classés comme tels. Seul la configuration « attentats du 11 septembre 2001 » présente des

résultats erronés. Selon cette architecture, cet évènement ne correspondrait pas à une crise de grande ampleur.

Néanmoins, lorsque l'ensemble des cas est présenté en apprentissage, la séparation est de type linéaire.

Afin d'affiner la classification des situations selon les quatre comportements, une deuxième architecture de réseau de type linéaire est envisagée.

9.1.2. Architecture 2 : séparation des classes deux à deux

La difficulté rencontrée en généralisation lors de l'expérience précédente incite à poursuivre la séparation des quatre classes en utilisant le codage « séparation d'une classe de toutes les autres ». C'est pourquoi il convient, dans un deuxième temps, d'évaluer la difficulté du codage des classes deux à deux. L'application est faite avec le même type d'architecture que précédemment. Seul le codage des sorties est modifié. Les quatre classes de crises sont définies de la manière suivante :

- les incidents sont associés à la classe 1 ;
- les accidents majeurs correspondent à la classe 2 ;
- les crises conventionnelles sont regroupées dans la classe 3 ;
- les crises de grande ampleur correspondent à la classe 4.

Six séparations sont nécessaires pour effectuer l'ensemble des séparations deux à deux. Pour l'apprentissage de chaque droite seuls les exemples concernant les deux classes en question sont utilisés. Afin d'évaluer le niveau de sous détermination du système, le tableau 53 ci dessous reporte le nombre d'exemples disponibles pour chaque séparation étudiée. On peut y noter qu'il n'y a que pour les séparations 1/3 et 2/3 que le système est déterminé *a minima* pour une configuration linéaire (Cf. Tableau 53). Dans tous les autres cas le système est sous déterminé : une infinité de solutions est donc possible ; parmi celles-ci certaines donneront lieu à une bonne généralisation et d'autres pas.

Tableau 53 : Sous détermination des séparations deux à deux

Comparatif	Nombre de retours d'expérience	Nombre de coefficients synaptiques
Classes 1 et 2	9 retours d'expérience	10
Classes 1 et 3	10 retours d'expérience	10
Classes 1 et 4	7 retours d'expérience	10
Classes 2 et 3	11 retours d'expériences	10
Classes 2 et 4	8 retours d'expérience	10
Classes 3 et 4	9 retours d'expérience	10

L'objectif de cette manipulation est d'observer si les retours d'expérience, selon leurs classes, sont linéairement séparables deux à deux. L'apprentissage, selon la règle de Levenberg Marquardt, est effectué six fois, une fois pour chaque séparation, les résultats sont détaillés ci-dessous.

9.1.2.1. Apprentissage et généralisation pour les classes un et deux : incident et accident majeur

L'apprentissage a été réalisé sur neuf retours d'expérience. Les classes regroupant les incidents sont codés -1 et les accidents majeurs sont codés +1.

Au vu des résultats obtenus durant l'apprentissage, les deux classes sont linéairement séparables. Il est à noter que comme l'objet de ces simulations est d'évaluer la possibilité d'une séparation linéaire, dès lors que l'apprentissage le prouve, et même si le système est sous déterminé, il n'est pas nécessaire de renouveler l'apprentissage à partir d'autres configurations de départ (différentes initialisations des coefficients synaptiques).

Lors de la phase de généralisation, chaque situation a été successivement testée, les autres étant notées en apprentissage. La lecture des résultats s'effectue selon la valeur de l'erreur quadratique obtenue sur chacun des exemples de test pris tour à tour. Une erreur faible signifie une bonne classification du cas testé. *A contrario*, on remarque une erreur quadratique élevée ($>0,5$) traduit une situation mal classée. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau ci dessous (Cf. Tableau 54). Tous résultats supérieurs à 10^{-6} sont arrondis à 10^{-6} .

Tableau 54 : Résultats de la séparation des classes 1 et 2

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de validation
Neige 2003	-1	5,12E ⁻⁶	2
Mont Blanc	-1	4,57E ⁻⁶	0
Concorde	-1	2,05E ⁻⁶	2
Accident A9	-1	5,02E ⁻⁶	0
Inondation 2005	+1	4,99E ⁻⁶	0
Inondation 2003	+1	4,53E ⁻⁶	2
Erika	+1	8,49 E ⁻⁶	2
Euratech	+1	5,31E ⁻⁶	2
Buncefield	+1	1,99E ⁻⁶	2

A la lecture des résultats, l'accident de l'autoroute A9, les inondations de 2005 dans le Gard et l'accident du tunnel du Mont Blanc sont reconnus. Les erreurs quadratiques des autres cas sont égales à 2. Le réseau s'est trompé de classe d'appartenance de ces événements.

L'interprétation de ces résultats est la suivante : lorsque tous les exemples sont présents dans l'ensemble d'apprentissage, la solution linéaire peut être trouvée, les deux classes sont donc linéairement séparables ; en revanche lorsqu'un des événements est retiré de l'apprentissage, sa position dans l'espace est indéterminée et elle peut être attribuée indifféremment à une classe ou à une autre ; la bonne classification n'est donc pas assurée. Cette interprétation est illustrée en figure 76 : supposons que la zone concernant la classe 1 (ronds noirs) soit la zone du plan où e_1 est négatif (première composante du vecteur E), et la zone d'influence de la classe des croix blanches soit le demi plan défini par e_1 positif. Lors de l'apprentissage, si l'on a suffisamment d'exemples, la droite séparant les deux classes peut être trouvée. (Figure de gauche). En revanche, lorsque l'on est dans une configuration sous-déterminée comme figurée à droite, la droite a beaucoup plus de liberté pour se positionner durant l'apprentissage et peut être calculée de manière à conduire à une mauvaise généralisation. Dans la configuration représentée sur la figure 76, selon que l'exemple représenté par la croix blanche du bas est présent dans l'exemple d'apprentissage (gauche) ou de test (droite) il pourra contribuer à une bonne définition de la droite de séparation, ou au contraire être mal classé dans la phase de validation.

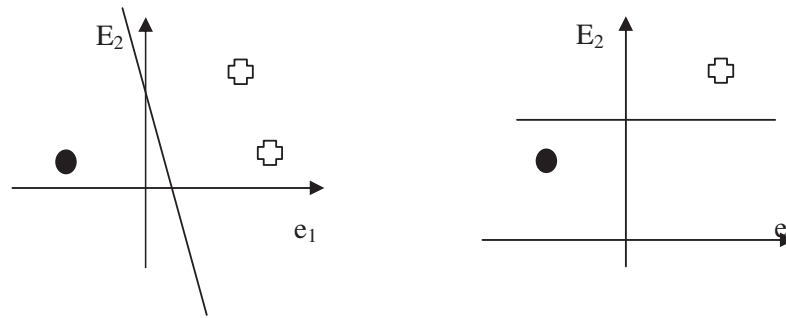


Figure 76 : Séparation linéaire de deux classes

C'est pourquoi, du fait de la sous-détermination du problème, on peut considérer que les explosions de Buncefield, le naufrage de l'Erika, l'exercice Euratech, les inondations de 2005 et le crash du Concorde représentent un comportement particulier et qu'ils doivent impérativement figurer dans l'ensemble d'apprentissage. Cet inconvénient sera résolu par une augmentation des exemples d'apprentissages afin de représenter les deux classes.

9.1.2.2. Apprentissage et généralisation pour les classes un et trois.

Il s'agit ici de la séparation entre les classes un et trois. De la même manière que précédemment, l'apprentissage a été réalisé sur une base de données contenant quatre incidents (-1) et six crises conventionnelles (+1). Au vu des résultats de l'apprentissage, les classes sont linéairement séparables (Cf. Tableau 55).

Les résultats obtenus pour la phase de généralisation sont prometteurs. En effet, les erreurs quadratiques sont faibles hormis pour l'explosion de l'usine AZF. L'interprétation est la même que précédemment.

Tableau 55 : Résultats de la séparation des classes un et trois.

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de généralisation
Neige 2003	-1	6,14E ⁻⁶	0
Mont Blanc	-1	6,69E ⁻⁶	0
Concorde	-1	6,54E ⁻⁶	0
Acc A9	-1	6,45E ⁻⁶	0
Tempêtes 1999	+1	5,42E ⁻⁶	0
Inondation 2002	+1	5,93E ⁻⁶	0
Canicule	+1	6,39E ⁻⁶	0
AZF	+1	6,45E ⁻⁶	1,64
Madrid	+1	6,58 E ⁻⁶	0
Londres	+1	5,10E ⁻⁶	0

9.1.2.3. Apprentissage et généralisation pour les classes un et quatre

Le troisième réseau a pour objectif de tester la séparation entre la classe incident (-1) et la classe crises de grande ampleur (+1). Quatre exemples d'incidents et trois de crises de grande ampleur sont présentés. Lors de la phase de généralisation, l'erreur quadratique relative aux attentats du 11 septembre 2001 est élevée. Le réseau présente des difficultés à classer cette situation du fait d'un comportement modélisé non représentatif des autres exemples d'apprentissage.

Les deux autres crises de grande ampleur ont été correctement classées par le réseau (Cf. Tableau 56)

Tableau 56 : Résultats de la séparation des classes 1 et 4

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de généralisation
Neige 2003	-1	4,56E ⁻⁶	8.25 10 ⁻⁶
Mont Blanc	-1	4,95E ⁻⁶	1.09 10 ⁻⁶
Concorde	-1	4,96E ⁻⁶	3.33 10 ⁻⁶
Accident A9	-1	3,86E ⁻⁶	5.02 10 ⁻⁶
Katrina	+1	4,88E ⁻⁶	0
Tsunami	+1	4,91E ⁻⁶	0
11 septembre 2001	+1	3,09E ⁻⁶	1.89

9.1.2.4. Apprentissage et généralisation pour les classes deux et trois.

Cette quatrième architecture se focalise sur les accidents majeurs (-1) et les crises conventionnelles (+1). L'apprentissage est correct. Les accidents majeurs et les crises conventionnelles sont linéairement séparables. Lors de la phase de généralisation, les erreurs quadratiques pour les cas inondations de 2005, naufrage de l'Erika, explosion de l'usine AZF sont élevées. Ces situations sont donc mal classées par le réseau (Cf. Tableau 57).

Tableau 57 : Résultats de la séparation des classes deux et trois

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase de validation	Erreur quadratique en phase de généralisation
Inondation 2005	-1	1,41E ⁻⁶	0
Inondation 2003	-1	1,42E ⁻⁶	2
Erika	-1	1,39E ⁻⁶	2
Euratech	-1	1,44E ⁻⁶	0
Buncefield	-1	4,55E ⁻⁶	0
Tempêtes 1999	+1	1,03E ⁻⁶	2.37 10 ⁻⁶
Inondation 2002	+1	1,43E ⁻⁶	1.66 10 ⁻⁶
Canicule	+1	1,48E ⁻⁶	0
AZF	+1	1,36E ⁻⁶	2
Madrid	+1	1,42E ⁻⁶	2.52 10 ⁻⁶
Londres	+1	1,04E ⁻⁶	2.76 10 ⁻⁶

9.1.2.5. Apprentissage et généralisation pour les classes deux et quatre

Le quatrième réseau analyse les accidents majeurs (-1) et les crises de grande ampleur (+1). L'apprentissage est correct. Lors de la généralisation, 3 cas, les inondations de 2003, l'Erika, le World Trade Center, présentent des erreurs quadratiques élevées (Cf. Tableau 58)

Cet essai renforce l'hypothèse selon laquelle, les attentats du 11 septembre aux Etats Unis détiennent un comportement particulier, non reconnu dans l'ensemble de validation.

Tableau 58 : Résultats de la séparation des classes deux et quatre

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de généralisation
Inondation 2005	-1	5,56 E ⁻⁶	0
Inondation 2003	-1	5,50E ⁻⁶	1.24
Erika	-1	5,28E ⁻⁶	2
Euratech	-1	3,14E ⁻⁶	7.73 10 ⁻⁶
Buncefield	-1	3,91E ⁻⁶	1.49 10 ⁻⁶
Katrina	+1	5,64E ⁻⁶	1.19 10 ⁻⁶
Tsunami	+1	5,52E ⁻⁶	2.05 10 ⁻⁶
11 septembre 2001	+1	3,35E ⁻⁶	1.98

9.1.2.6. Apprentissage pour les classes trois et quatre.

La dernière architecture se focalise sur les crises conventionnelles (-1) et les crises de grande ampleur (+1). L'apprentissage est à nouveau correct. Les erreurs quadratiques sont faibles hormis pour le cas des attentats du 11 septembre 2001 (Cf. Tableau 59).

Tableau 59 : Résultats de la séparation des classes 3 et 4

Retours d'expérience	Codage	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de généralisation
Tempêtes 1999	-1	6,41E ⁻⁶	1.18 10 ⁻⁶
Inondation 2002	-1	6,82E ⁻⁶	7.27 10 ⁻⁶
Canicule	-1	6,63E ⁻⁶	6.94 10 ⁻⁶
AZF	-1	7,26E ⁻⁶	0
Madrid	-1	6,88E ⁻⁶	5.79 10 ⁻⁶
Londres	-1	6,21E ⁻⁶	9.15 10 ⁻⁶
Katrina	+1	4,25E ⁻⁶	0
Tsunami	+1	6,93E ⁻⁶	2.31 10 ⁻⁶
11 septembre 2001	+1	6,80E ⁻⁶	2

La classification des dix-huit retours d'expérience, en fonction de cette architecture peut être obtenue en effectuant la moyenne des erreurs quadratiques relatives à chaque cas (Cf. Tableau

60). En effet si un exemple est mal classé son erreur est de l'ordre de l'unité, s'il est bien classé, son erreur est quasiment nulle ; il n'est donc pas nécessaire de réaliser une fonction logique à partir des six décisions précédentes pour déterminer la classe de l'exemple comme préconisé initialement par la méthode. Le tableau ci dessous synthétise les résultats obtenus. Pour des valeurs supérieures à 0,5, l'exemple est considéré comme mal classé ou indéterminé. A contrario, pour une erreur quadratique moyenne inférieure à 0,5, la classe est correctement reconnue par le réseau.

Tableau 60 : Classement des dix-huit retours d'expérience en fonction de l'architecture 3

Retours d'expérience	Erreur quadratique en phase d'apprentissage	Erreur quadratique en phase de généralisation	Classement
Neige 2003	5,35E ⁻⁶	6,67E ⁻⁰¹	Indéterminé
Tempêtes 1999	9,07E ⁻⁶	2,93E ⁻⁰⁴	Crise conventionnelle
Inondation 2002	9,19E ⁻⁶	5,53E ⁻⁶	Crise conventionnelle
Katrina	5,79E ⁻⁶	3,97E ⁻⁶	Crise de grande ampleur
Tsunami	5,91E ⁻⁶	6,83E ⁻⁶	Crise de grande ampleur
Canicule	9,08E ⁻⁶	2,31E ⁻⁶	Crise conventionnelle
Inondation 2005	2,18E ⁻⁶	0,00E ⁺⁰⁰	Accident majeur
Inondation 2003	9,40E ⁻⁶	1,75E ⁺⁰⁰	Indéterminé
Mont Blanc	1,98E ⁻⁶	1,72E ⁻⁶	Incident
Erika	2,19E ⁻⁶	1,33E ⁺⁰⁰	Indéterminé
Concorde	1,87E ⁻⁶	6,67E ⁻⁰¹	Indéterminé
AZF	8,97E ⁻⁶	1,21E ⁺⁰⁰	Indéterminé
Accident A9	5,68E ⁻⁶	1,69E ⁻⁶	Incident
Euraech	2,45E ⁻⁶	6,67E ⁻⁰¹	Indéterminé
Buncefield	1,23E ⁻⁶	1,33E ⁺⁰⁰	Indéterminé
11 septembre 2001	3,56E ⁻²⁶	1,96E ⁺⁰⁰	Indéterminé
Madrid	1,06E ⁻⁶	1,93E ⁻⁶	Crise conventionnelle
Londres	7,43E ⁻²⁶	2,28E ⁻⁰⁴	Crise conventionnelle

Huit exemples n'ont pas été reconnus par le réseau. Il s'agit des explosions de Buncefield, de l'exercice Euratech, de l'explosion de l'usine AZF, des inondations de 2003, du naufrage de l'Erika, du crash du Concorde, des intempéries de neige 2003 et des attentats du World Trade Centre. Il est très intéressant de noter que ces exemples sont bien classés en apprentissage, mais pas en test. Ceci signifie que compte tenu du trop faible nombre d'exemples disponibles, ces événements représentent un comportement particulier qui doit absolument être représenté l'ensemble d'apprentissage. L'augmentation de la base des exemples devrait permettre de pallier cet inconvénient.

Conjointement à l'acquisition de nouveaux exemples d'apprentissage, le nombre des entrées pourra également augmenter légèrement ; en effet, plus le nombre d'entrées augmente, plus le

nombre de coefficients synaptiques calculés croît. Ceci permettra d'obtenir une analyse fine de la situation en présence.

Pour synthétiser, ce chapitre de comparaison entre la séparation des classes « deux à deux » et la séparation des classes « une de toutes les autres » a permis de confirmer que le premier choix est le meilleur et conduit à une simplification de la tâche à effectuer ; toutes les séparations « deux à deux » sont linéaires.

Néanmoins, si le nombre de retours d'expérience de la base de données augmente, il pourrait se produire qu'une ou plusieurs de ces séparations deviennent non linéaires, même en détaillant plus le vecteur des entrées. Dans ce cas il sera nécessaire d'utiliser un réseau multicouche pour réaliser cette ou ces séparations non linéaires.

Afin de s'ouvrir aux développements futurs, les réseaux de neurones multicouches, utilisés pour résoudre des problèmes non linéairement séparables, sont appliqués à l'ensemble des exemples afin de pouvoir expliciter et illustrer la méthodologie qui doit alors être utilisée. C'est grâce à ce dernier travail que la présentation de l'utilisation des réseaux de neurones pourra être complète.

9.2. Les réseaux de neurones multicouches

L'architecture des réseaux multicouches comporte, comme son nom l'indique, une couche supplémentaire de neurones cachés, insérée entre les données d'entrées et les neurones de sortie (Figure précédente du chapitre 6). Ils sont utilisés pour résoudre des problèmes de classification non linéairement séparables. Dans le cadre de cette étude, deux architectures de réseaux multicouches sont envisagées afin de mettre en évidence leurs intérêts pour des perspectives futures de développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des crises.

9.2.1. Architecture 3 : une couche cachée et une sortie

Le réseau de neurones est composé, comme précédemment, de dix entrées avec l'entrée constante et de une sortie. Une couche cachée de neurones est insérée (Cf. Figure 77).

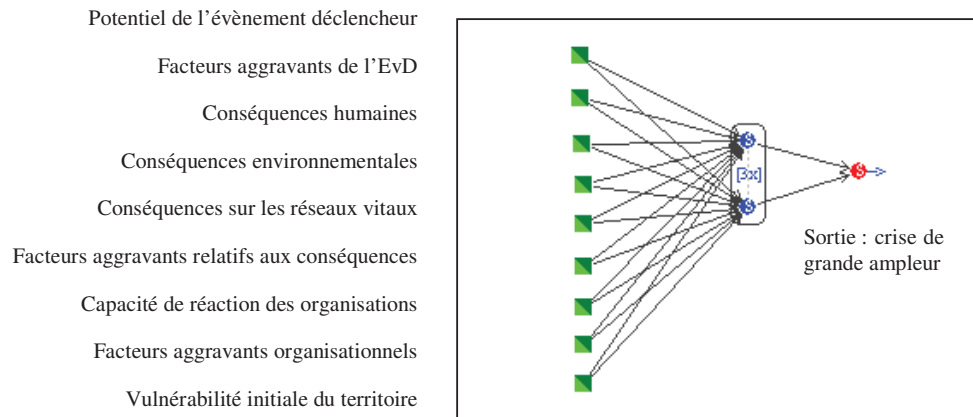


Figure 77 : Représentation de l'architecture 3

La sortie est définie selon quatre états correspondant aux quatre comportements situationnels. Les incidents sont codés -1, les accidents majeurs -0.5, les crises conventionnelles +0.5 et les crises de grande ampleur +1.

Cette architecture de réseau est généralement choisie car elle est « l'identificateur universel » pour lequel le théorème « d'approximation universelle » a été démontré. A partir de cette architecture de base, le nombre de neurones de la couche cachée doit être choisi. Ce nombre de neurones cachés permet d'arbitrer entre le sur-apprentissage et une architecture trop peu complexe (Monari, 1999). Il doit donc être fixé avec soin ; ce choix se fait en général en appliquant la méthode du *leave one out* telle que définie au chapitre 6.

9.2.1.1. Choix du modèle optimal – Résultats du Leave One out

Le modèle optimal pour l'architecture 2 a été défini à la suite du *leave one out*. L'erreur quadratique est calculée pour chaque cas de validation en faisant varier le nombre de neurones cachés (de 1 à 4). La moyenne de l'erreur quadratique la plus faible détermine le modèle optimal. Au vu du graphique ci-dessous (Cf. Figure 78), le modèle optimal, pour l'architecture 3, possède deux neurones cachés.

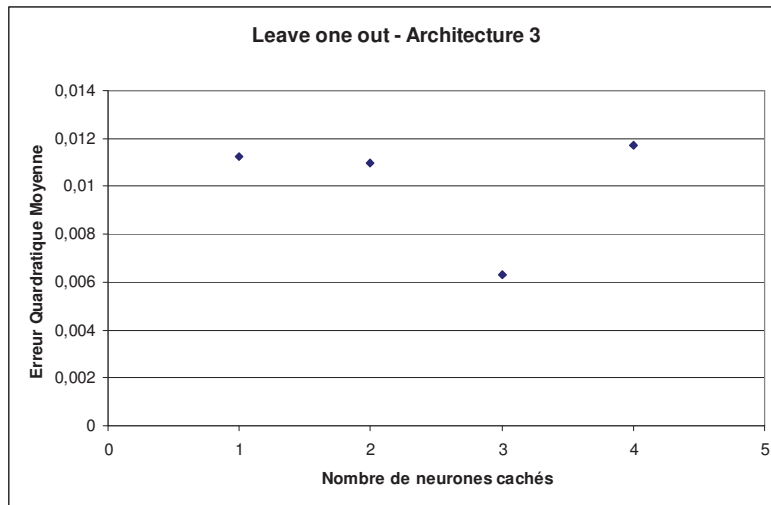


Figure 78 : Résultats du Leave one out pour l'architecture 3

Une fois l'architecture optimale adoptée, deux types de résultats sont obtenus :

- le calcul du potentiel de crise de chaque exemple mis en validation ;
- le calcul du potentiel de crise en phase de test.

9.2.1.2. Résultat de l'apprentissage

Successivement, chaque situation est mise en exemple de validation afin d'évaluer le potentiel de crise. Les résultats obtenus sont représentés par la figure suivante (Cf. Figure 79). Au vu du graphique, le réseau apprend correctement. Les sorties calculées correspondent dans la majorité des cas, aux sorties désirées.

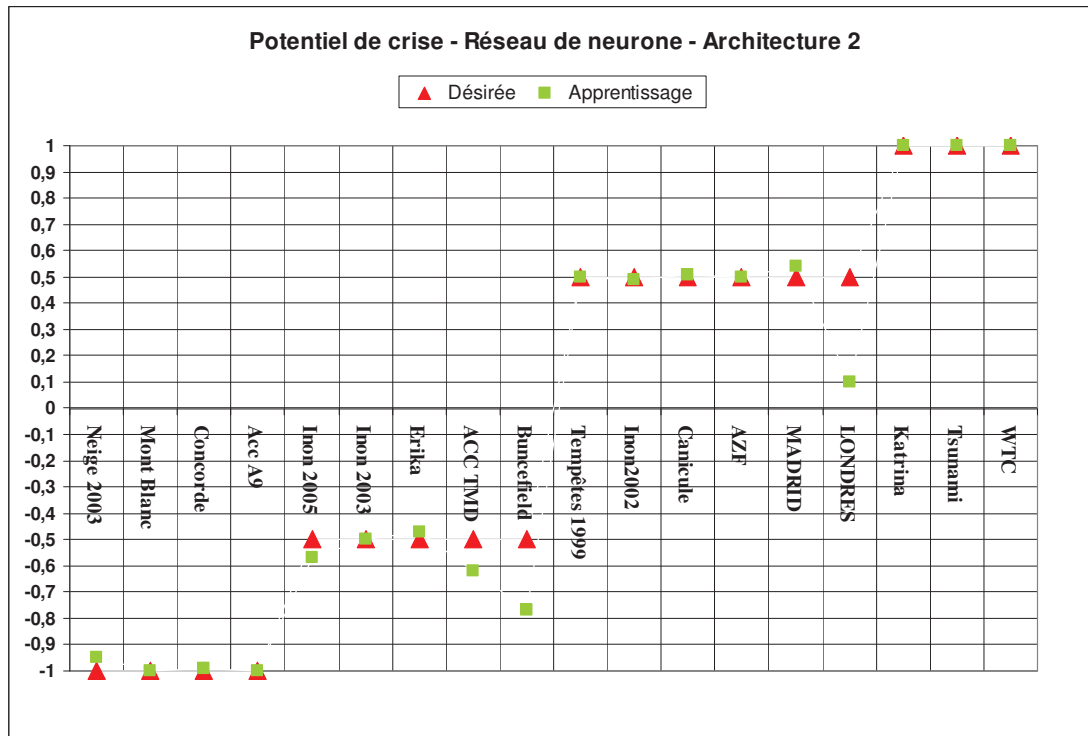


Figure 79: Résultats après apprentissage (Architecture 3)

Il est intéressant de noter que les attentats de Londres (0,1 contre 0,5 attendu) et l'accident de Buncefiel sont minorés (-0,77 contre -0,5 en désiré) par rapport à la gravité obtenue par les avis d'expert.

9.2.1.3. Estimation de la performance du classifieur

Compte tenu d'une part des difficultés rencontrées lors de l'apprentissage des séparations deux à deux au moyen d'un seul neurone, et d'autre part pour décrire la démarche qu'il faudra suivre lorsque la base d'exemples sera assez étoffée, il a été décidé de séparer l'ensemble de la base des événements en trois sous ensembles :

- le premier sert à l'apprentissage ;
- le deuxième sert à la validation (arrêt de l'apprentissage par arrêt précoce) ;
- le troisième est utilisé pour tester les performances du système sur des exemples jamais rencontrés, ni en test ni en apprentissage.

Pour ce faire, quatre cas ont été mis dans l'ensemble de validation : un cas de chaque classe. Ont été retenus : le crash du Concorde pour représenter un incident, les inondations de 2003 pour la classe des accidents majeurs, les inondations de 2002 pour représenter la classe des crises conventionnelles et l'ouragan Katrina pour la crise de grande ampleur.

Successivement, les quatorze situations restantes ont été testées. La sortie du réseau fournit une valeur de classe. Les pourcentages de bien classés, mal classés et non classés ont été calculés pour l'ensemble test et pour les quatre cas de validation (Cf. Tableau 61). La sortie du neurone ne délivre que très rarement exactement la sortie désirée, ainsi il a été nécessaire d'introduire autour de chaque valeur désirée des seuils à l'intérieur desquels la sortie est attribuée à la valeur médiane. Mais à partir de quel seuil, la situation est-elle associée à telle ou telle classe ? Pour ce faire, une échelle définissant les seuils de passage d'une situation à l'autre est mise en place. La classe des incidents correspond à une sortie estimée entre les valeurs -1 et -0,7 ; les accidents majeurs entre -0,6 et -0,05 ; les crises conventionnelles entre 0,05 et 0,6 et les crises de grande ampleur entre 0,7 et 1. Par exemple, lorsque la valeur de sortie est comprise entre 0,05 et 0,6, la situation est qualifiée de crise conventionnelle. Lorsque la valeur est comprise dans les intervalles (-0,7 ; -0,6), (-0,05 ; 0,05) et (0,6 ; 0,7), la situation est indéterminée.

-1	-0.7	-0.6	-0.05	0.05	0.6	0.7	1
Incident		Accident majeur		Crise conventionnelle		C Grande A	

Tableau 61 : Résultats d'apprentissage et de généralisation pour l'architecture 3

Architecture 3	Désirée	Apprentissage	Généralisation	Performance
Neige 2003	-1	-0,95	0,62	mc
Tempêtes 1999	0,5	0,5	0,059	bc
Inondation 2002	0,5	0,49	Validation	
Katrina	1	0,999	Validation	
Tsunami	1	0,999	0,98	bc
Canicule	0,5	0,506	0,76	mc
Inondation 2005	-0,5	-0,57	0,08	mc
Inondation 2003	-0,5	-0,5	Validation	
Mont Blanc	-1	-0,999	-0,32	mc
Erika	-0,5	-0,47	-0,67	i
Concorde	-1	-0,99	Validation	
AZF	0,5	0,497	0,60	bc
Accident A9	-1	-0,999	-0,99	bc
Euraech	-0,5	-0,619	-0,32	bc
Buncefield	-0,5	-0,77	-0,89	mc
11 septembre 2001	1	0,999	0,74	bc
Madrid	0,5	0,54	0,74	mc
Londres	0,5	0,1	-0,3	mc

A l'issue de ces simulations, 43% des exemples testés ont été correctement classés par le réseau, 50% ont été mal classés et 7% situations n'ont pu être déterminées.

Les performances de cette architecture sont insuffisantes. Ceci s'explique aisément : tout d'abord, le faible nombre d'exemples d'apprentissage. En effet le nombre de coefficients synaptiques est égal à quarante. Or, l'ensemble d'apprentissage, une fois retirés les exemples de test et de validation ne comprend plus que treize exemples. Le réseau est donc encore plus sous déterminé que précédemment. C'est pour cette raison que les expériences ont été initiées par un « réseau » à un seul neurone.

Une seconde limite, liée à la première, a trait au faible nombre d'évènements représentatif de chaque classe. Ceci a un impact sur la généralisation. En effet, les cas présentés sont majoritairement non reconnus du fait d'un manque de cas semblables dans la base d'apprentissage. Le réseau les reconnaît comme des situations ayant un comportement inconnu.

Enfin, il est connu qu'il est plus efficace de travailler avec un codage des classes à deux classes par neurones plutôt que multiclassés (Knerr, 1991). Et même si nous avons essayé cette architecture afin de ne pas trop augmenter le nombre de coefficients, il apparaît nécessaire la réaliser : la section suivante présente cette investigation.

9.2.2. Architecture 4 : quatre fois une couche cachée et une sortie

L'architecture 4 correspond à un réseau comprenant quatre couches de neurones cachées, chacune étant associée à un neurone de sortie codant une classe de sortie (Cf. Figure 80). Il est possible de choisir également la même couche cachée pour tous les neurones de sortie mais l'architecture utilisée a l'avantage de se rapprocher le plus de l'identificateur universel.

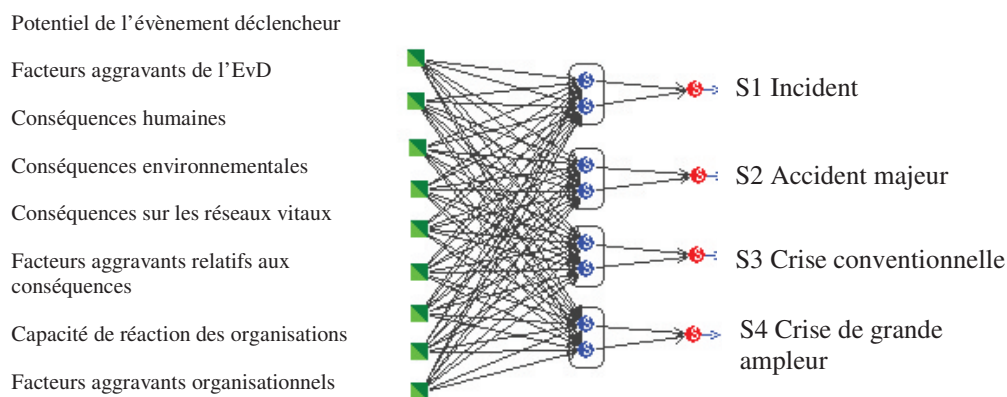


Figure 80 : Représentation de l'architecture 4

La sortie 1 (S1) correspond aux incidents, la sortie 2 (S2), aux accidents majeurs, la sortie 3 (S3) aux crises conventionnelles et la sortie 4 (S4) aux crises de grande ampleur. Les données

de sortie sont codées en binaire (-1, +1). Prenons l'exemple d'un incident à classer. Pour que le réseau reconnaisse cet événement, la sortie S1 (relative au incidents) est codée +1, les trois autres (relatives aux trois autres comportements) sont codées -1. Dans le cas d'une crise de grande ampleur, les trois premières sorties sont codées -1, la sortie 4 affiche la valeur +1.

	Incident	Accident majeur	Crise conventionnelle	Crise de grande ampleur
S1	+1	-1	-1	-1
S2	-1	+1	-1	-1
S3	-1	-1	+1	-1
S4	-1	-1	-1	+1

Les entrées sont les mêmes que défini précédemment.

Il est à noter que même si le type de séparation « classes deux à deux » s'est révélé plus efficace lors de l'étude en linéaire, la classification « une classe de toutes les autres » a été choisie ici, toujours pour ne pas trop augmenter le nombre de coefficients. Lorsque la base d'exemples sera suffisamment fournie, on pourra envisager de réaliser les séparations des classes deux à deux, chacune par un réseau multicouches.

9.2.2.1. Choix du modèle optimal – Résultats du leave one out

Afin de rechercher le modèle optimal, le nombre de neurones des quatre couches cachées a été déterminé à la suite du *leave one out*. La moyenne de l'erreur quadratique la plus faible correspond à une architecture de 2 neurones cachés (Cf. Figure 81).

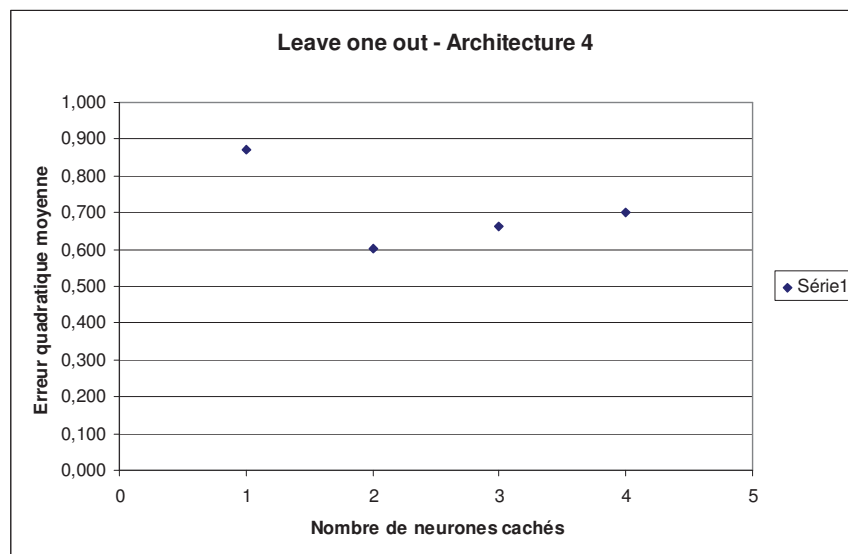


Figure 81 : Résultat du leave one out pour l'architecture 4

L'architecture optimale pour chaque sous réseau, est composée de deux neurones cachés, associés à chaque sortie.

9.2.2.2. Estimation de la performance du classifieur : généralisation

La généralisation a été faite successivement quatorze fois, sur un ensemble test comprenant un retour d'expérience. De même que précédemment, quatre exemples ont été mis en validation. Ont été retenus pour cette architecture 4 : le crash du concorde (classe incident) ; l'accident de Buncfield (classe accident majeur), les inondations de 2002 (classe crise conventionnelle) et l'ouragan Katrina (crise de grande ampleur). Les pourcentages de bien classés, mal classés et indéterminés ont été calculés. L'échelle de classement est la suivante : pour une valeur calculée >0.5 , le cas est noté +1, pour une valeur comprise entre 0.5 et -0.5, la valeur calculée renvoi à une situation non identifiée, une valeur < -0.5 renvoi à un codage -1 (Cf. Tableau 62)

Les résultats de performances pour l'architecture 4 sont les suivants :

- deux cas ont été correctement reconnus et classés. Il s'agit des inondations de 2005 dans le Gard et des attentats de Madrid,
- 6 cas sont mal classés,
- 6 cas sont non classés.

La généralisation de cette architecture est assez mauvaise. Ce n'est pas une surprise car le nombre de coefficients synaptiques est de quatre vingt douze pour seulement dix-huit retours d'expérience. Ce travail devait néanmoins être réalisé pour expliciter la méthode, au risque de détériorer les performances du système en fonction de la complexification de l'architecture.

Rappelons que les réseaux de neurones peuvent être vus comme des modèles statistiques ; afin d'obtenir de meilleurs résultats, la base de données doit être largement augmentée.

Tableau 62 : Performance de l'architecture 4

Test 1 Neige 2003					Test 10 Erika				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	1	-0,68	-1	mc	S1	-1	0,52	+1	mc
S2	-1	0,76	+1		S2	1	-1	-1	
S3	-1	-1	-1		S3	-1	-1	-1	
S4	-1	-1	-1		S4	-1	-1	-1	
Test 2 Tempêtes 1999					Test 12 AZF				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	-1	-0,97	-1	i	S1	-1	-1	-1	mc
S2	-1	-0,27	i		S2	-1	-0,48	I	
S3	1	-0,13	i		S3	1	-1	-1	
S4	-1	-0,45	i		S4	-1	-0,39	I	
Test 5 Tsunami					Test 13 Acc A9				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	-1	-1	-1	i	S1	1	0,49	I	i
S2	-1	-0,8	-1		S2	-1	-0,11	I	
S3	-1	-0,73	-1		S3	-1	-0,74	-1	
S4	1	0,28	i		S4	-1	-0,87	-1	
Test 6 Canicule					Test 14 Euratech				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	-1	-0,98	-1	i	S1	-1	-0,42	I	mc
S2	-1	-0,77	-1		S2	1	-0,74	-1	
S3	1	0,54	i		S3	-1	0,35	I	
S4	-1	-0,96	-1		S4	-1	-0,98	-1	
Test 7 Inondation 2005					Test 16 WTC				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	-1	-0,87	-1	bc	S1	-1	-1	-1	mc
S2	1	0,72	+1		S2	-1	-1	-1	
S3	-1	-0,71	-1		S3	-1	1	1	
S4	-1	-0,97	-1		S4	1	-1	-1	
Test 8 Inondation 2003					Test 17 Madrid				
	Désiré	Calculé	Performance			Désiré	Calculé	Performance	
S1	-1	-0,45	i	mc	S1	-1	-1	-1	bc
S2	1	-0,89	-1		S2	-1	-1	-1	
S3	-1	0,22	i		S3	1	1	+1	
S4	-1	-0,89	-1		S4	-1	-1	-1	
Test 9 Mont Blanc					Test 18 Londres				
	Désiré	Calculé		i		Désiré	Calculé		i
S1	1	-0,38	i		S1	-1	-1	-1	
S2	-1	-0,18	i		S2	-1	-1	-1	
S3	-1	-0,46	i		S3	1	0,48	I	
S4	-1	-0,77	-1		S4	-1	-1	-1	

Avec bc : bien classé ; mc : mal classé et i : indéterminé

9.3. Limites et perspectives des réseaux de neurones

L'utilisation des réseaux de neurones comme outil d'aide à la gestion des crises semble prometteur. Mais plusieurs limites apparaissent, principalement dues à la dimension de la base de données actuelle.

Les deux premières architectures ont démontré que, sur le faible nombre des exemples disponibles, la séparation entre les classes est de type linéaire. Lors de la phase de généralisation, il a été montré que les cas ayant un comportement particulier ne sont pas reconnus comme tels. Par définition, une crise est une situation unique, limite, difficilement perceptible par le décideur. Afin de pallier cet inconvénient, le nombre d'exemples devrait être augmenté. Mais cette augmentation entraîne une seconde limite. En effet, si le nombre d'exemples augmente, et par là la diversité des situations, le problème risque de ne pas rester linéairement séparable. Ainsi, ce type d'architecture pourrait ne pas être utilisable pour reconnaître les situations de crise. Ce dernier point n'est pas acquis car il a été montré que des problèmes difficiles (par exemple la reconnaissance de chiffres manuscrits) peuvent être traités de manière linéaire en utilisant la séparation des classes deux à deux.

L'utilisation des réseaux de neurones multicouches, avec un faible nombre d'exemples, est inadaptée mais tout de même prometteuse. En effet, les deux architectures apprennent correctement mais ne peuvent généraliser, faute d'un nombre suffisant d'exemples en apprentissage. Ces architectures sont donc perfectibles. Dans l'optique d'utiliser les réseaux de neurones de type classifieur pour définir un système d'aide à la décision, l'apprentissage et la validation doivent être faits sur des ensembles plus conséquents.

Conclusion - Synthèse

La seconde approche utilisée pour définir le comportement du système de crise d'une situation donnée, s'appuie sur les réseaux de neurones. Plus particulièrement, le classifieur neuronal est envisagé afin de classer une situation donnée sur la base des informations recueillies par les acteurs selon son type de comportement. Afin de démontrer la faisabilité d'un système neuronal, quatre architectures de réseaux de neurones sont testées, de la plus simple effectuant une séparation linéaire, jusqu'au réseau multicouche permettant de séparer des situations ayant des comportements variés.

A l'heure actuelle, l'architecture présentant les meilleurs résultats correspond à la séparation linéaire des classes deux à deux.

L'utilisation des réseaux de neurones s'avère prometteuse pour cette problématique, sous réserve de plusieurs conditions. En effet, pour optimiser le développement des réseaux de neurones à la thématique des gestions des crises de Sécurité Civile, cette technique s'appuie sur la notion d'apprentissage sur des exemples de crises passées. Or, pour que cette étape soit optimale, elle doit être faite sur un ensemble conséquent de retours d'expérience. Or, les données concernant des incidents et des accidents majeurs existent, il s'agit de les récolter afin d'alimenter, de manière optimale, le réseau de neurones.

De plus, dans l'optique d'anticiper l'évolution d'une situation de crise, en temps réel, les réseaux de neurones dynamiques semblent intéressants. En effet, ils permettraient, d'évaluer le potentiel de crise selon un pas de temps défini en intégrant, le niveau de crise calculé au pas de temps précédent ; ainsi la dynamique de crise a évolution lente pourrait être prise en compte.

Chapitre 10

Le potentiel de crise

Synthèse des résultats, limites et perspectives

Comprendre, comprendre. L'homme cherche toujours à tout expliquer. En fait, rien n'est explicable. Rien n'a de sens. On est condamné à être malheureux justement parce que rien n'a de sens. On peut toujours comprendre comment, mais jamais pourquoi. Les seules explications suffisantes n'existent pas.

D., Irlès, *Les voyageurs immobiles*, 2002.

-
- 10.1. Comparaison des deux approches
 - 10.2. Représentation en trois dimensions des potentiels de crise
 - 10.3. Limites de la méthode d'aide l'anticipation et à la gestion des crises
 - 10.4. Perspectives de la méthode d'aide l'anticipation et à la gestion des crises
-

Introduction

L'objectif de ce travail de recherche est de développer une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur à destination des acteurs de la Sécurité Civile. Les organisations, sur la base des informations collectées, évaluent la perturbation d'un territoire puis définissent le comportement engendré. Ainsi, au travers d'une quantification du processus de perturbation, ils qualifient la situation à laquelle ils sont confrontés selon quatre comportements que sont l'incident, l'accident majeur, la crise conventionnelle et la crise de grande ampleur. Deux approches sont utilisées pour évaluer le potentiel de crise d'une situation. La première méthode s'appuie sur la méthode de décision multicritères de Saaty dont l'objectif est de définir un indicateur unique de synthèse de la situation. La seconde application est réalisée par les réseaux de neurones classifieurs dont l'objectif est d'attribuer, en fonction des informations collectées, une classe à la situation en présence.

Ce présent chapitre a pour objectif de comparer les résultats obtenus lors de l'application des deux approches sur la base de données actuelle, de préciser les limites de cette étude et d'ouvrir des perspectives de développements futurs de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur.

10.1. Comparatif de deux approches

Les deux méthodes ont abouti à la classification des dix-huit retours d'expérience. Lors de la création de la base de données, le potentiel de crise de chacun des cas a été évalué par selon l'avis d'expert. Un comparatif entre les résultats obtenus (Architecture 2 pour les réseaux de neurones) et les avis des experts est mené. Le tableau 63 synthétise les résultats obtenus.

Tableau 63 : Synthèse des résultats – méthode de Saaty, réseaux de neurone et experts

REX	Méthode de Saaty	Réseau de neurones	Avis d'expert
Accident A9	Incident	Incident	Incident
Erika	Incident	Indéterminé	Accident majeur
Buncefield	Accident majeur	Indéterminé	Accident majeur
Euratech	Accident majeur	Indéterminé	Accident majeur
Incendie du Mont Blanc	Accident majeur	Incident	Incident
Crash du Concorde	Accident majeur	Indéterminé	Incident
Intempéries Neige 2003	Accident majeur	Indéterminé	Incident
Inondation 2005	Accident majeur	Accident majeur	Accident majeur
Attentats de Londres	Accident majeur	Accident majeur	Crise conventionnelle
Inondation 2003	Accident majeur	Indéterminé	Accident majeur
AZF	Accident majeur	Indéterminé	Crise conventionnelle
Attentats deMadrid	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle
Canicule	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle
Inondation 2002	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle
Tempêtes 1999	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle	Crise conventionnelle
11 septembre	Crise de grande ampleur	Indéterminé	Crise de grande ampleur
Katrina	Crise de grande ampleur	Crise de grande ampleur	Crise de grande ampleur
Tsunami	Crise de grande ampleur	Crise de grande ampleur	Crise de grande ampleur

Plusieurs commentaires sont faits à la lecture des résultats (Cf. Tableau 63).

Concernant l'ouragan Katrina et le Tsunami en Asie, ces deux situations sont qualifiées de crise de grande ampleur par la méthode de Saaty, par les réseaux de neurones et par les experts. Les attentats du 11 septembre 2001 sont assimilés à une crise de grande ampleur pour les experts et la méthode de Saaty mais ne sont pas reconnus comme telle par les réseaux de neurones. Ce défaut a été précisé au chapitre 9.

Quatre situations sont qualifiées de crise conventionnelle par les experts et les deux méthodes. Il s'agit des tempêtes de 1999, des inondations de 2002, de la canicule en 2003 et des attentats de Madrid. Les experts ont qualifié l'explosion de l'usine AZF et les attentats de Londres comme étant des crises conventionnelles. Or ces cas ne présentent pas ce comportement à la lecture des résultats des deux approches. En ce qui concerne l'explosion de l'usine AZF à Toulouse, la méthode de Saaty a classé cet évènement comme un accident majeur. Or il a été souligné que cet évènement, selon l'échelle définie actuellement, se situe à la limite entre l'accident majeur et la crise conventionnelle. Les réseaux de neurones ont classé ces quatre situations comme ayant un comportement de crise conventionnelle.

Les événements qualifiés d'accidents majeurs par la méthode de Saaty sont au nombre neuf. L'explosion de l'usine AZF, les inondations de 2003 dans les Bouches du Rhône, les attentats de Londres, les inondations de 2005 dans le Gard, les intempéries de neige de janvier 2003, le crash du Concorde, l'incendie du tunnel du Mont Blanc, l'exercice Euratech et les explosions au dépôt pétrolier de Buncefield sont qualifiés comme tels. Comparativement aux réseaux de neurones, deux cas sont reconnus comme étant des accidents majeurs. Il s'agit des inondations de 2005 et des attentats de Londres. Les autres REX n'ont pas été reconnus par la méthode et ont donc un comportement indéterminé. Au regard du développement actuel de la méthode par les réseaux de neurones, le comportement réel ne peut être déterminé. Les experts, quant à eux, ont qualifié les inondations de 2003, les inondations de 2005, l'exercice Euratech et les explosions de Buncefield d'accident majeur. Sur l'ensemble de ces cas, le classement des inondations de 2005 en tant qu'accident majeur est conjoint aux trois approches.

Concernant l'état d'incident, l'accident de transport de matières dangereuses sur l'A9 est reconnu comme tel par les trois approches. De plus, selon les experts, l'incendie du Tunnel du Mont Blanc, le crash du Concorde, les intempéries de neige en 2003 correspondent à des incidents, qualification non reprise par la méthode de Saaty et les réseaux de neurones. Seul l'incendie du tunnel du Mont Blanc est assimilé à un incident par les experts et les réseaux de neurones.

Sur l'ensemble des résultats, seuls neuf retours d'expérience présentent un comportement semblable selon les deux méthodes. Il s'agit du tsunami, de l'ouragan Katrina, des tempêtes de 1999, des inondations de 2002, de la canicule, des attentats de Madrid, des attentats de Londres, des inondations de 2005 et de l'accident de transport de matières dangereuses sur l'A9.

Afin de faire un lien entre l'approche théorique du système de crise de grande ampleur développé au chapitre 5 et les résultats obtenus, une représentation en trois dimensions des comportements des dix-huit d'expérience est réalisée.

10.2. Représentation en trois dimensions des potentiels de crise

En se basant sur les résultats des potentiels obtenus par la méthode de décision multicritères de Saaty, deux représentations en trois dimensions des comportements des dix-huit retours d'expérience sont réalisées.

10.2.1. Indicateurs évènement déclencheur, conséquences globales et capacité de réaction des organisations

La figure 82 présente en trois dimensions, les indicateurs *évènement déclencheur*, *conséquences globales* et *capacité de réaction des organisations*, évalués selon la méthode de Saaty. L'indicateur vulnérabilité initiale n'a pas été intégré dans cette représentation.

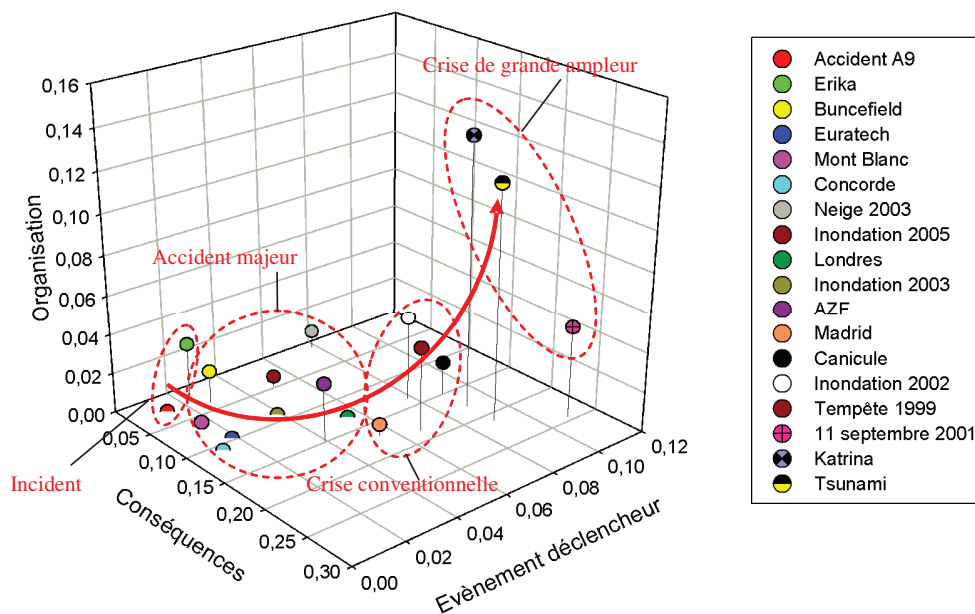


Figure 82 : Représentation en trois dimensions du potentiel de crise

Le potentiel de crise d'une situation évolue selon une tendance courbe. En effet, un potentiel danger de l'évènement déclencheur élevé engendre des conséquences sur les enjeux importantes et affecte également les capacités de réaction des organisations.

Par souci de clarté, trois représentations complémentaires sont présentées (Cf. Figure 83 ; Figure 84 et Figure 85).

La figure 83 représente l'indicateur *capacité de réaction des organisations* en fonction de l'indicateur *événement déclencheur*. Une corrélation entre l'intensité du potentiel danger et l'impact des organisations est mise en évidence. En effet, lorsque l'évènement déclencheur est de forte intensité, les organisations sont perturbées de par l'ampleur des dommages générées, et parce qu'elles sont également victimes de la crise. De fait, leurs capacités d'actions s'en trouvent affectées.

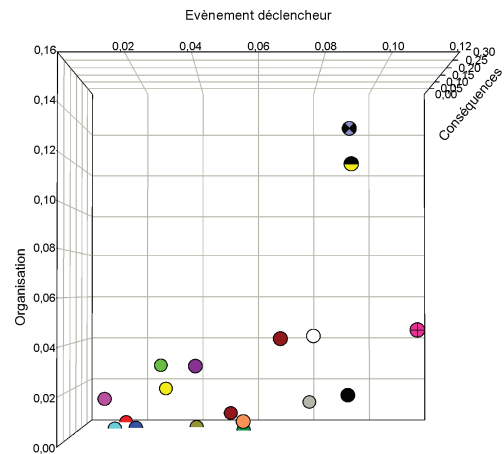


Figure 83 : *Organisation versus évènement déclencheur*

La figure 84 met en relation l'indicateur *organisation* et *conséquences globales*. La même tendance que précédemment se dessine. L'ampleur et la gravité des conséquences sur les enjeux affectent le processus de réponse des organisations.

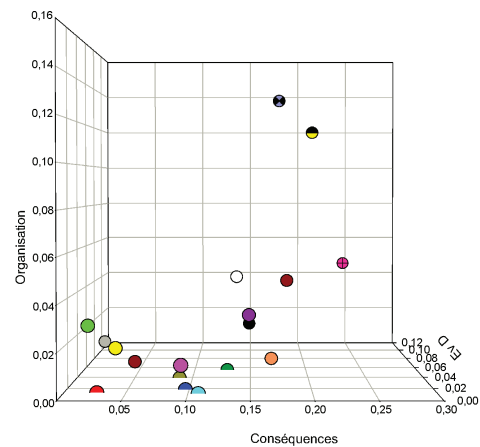


Figure 84 : *Organisation versus conséquences globales*

La figure 84 illustre la relation entre l'intensité de l'*évènement déclencheur* et l'ampleur des *conséquences*. L'évènement déclencheur, de part son potentiel danger, impacte des enjeux ayant un certain niveau de vulnérabilité.

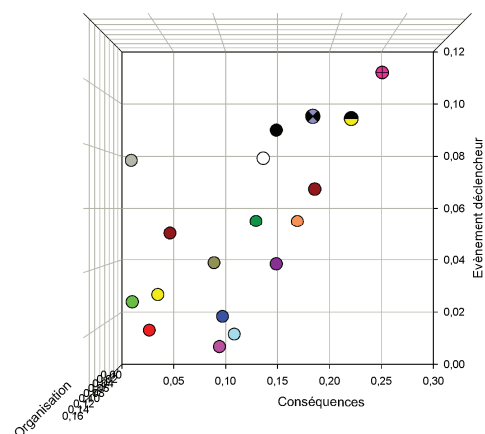


Figure 85 : *Conséquences globales versus évènement déclencheur*

10.2.2. Le comportement du système général de crise

Ces représentations s'appuient sur le « cube » développé au chapitre 5 pour illustrer les quatre comportements du système global à la suite d'une perturbation (Cf. Section. 5.2.2). Les potentiels dangers obtenus sont représentés en fonction de la capacité de réaction des organisations associée aux facteurs aggravants, de la vulnérabilité initiale du territoire, et du potentiel danger associé aux conséquences sur les enjeux.

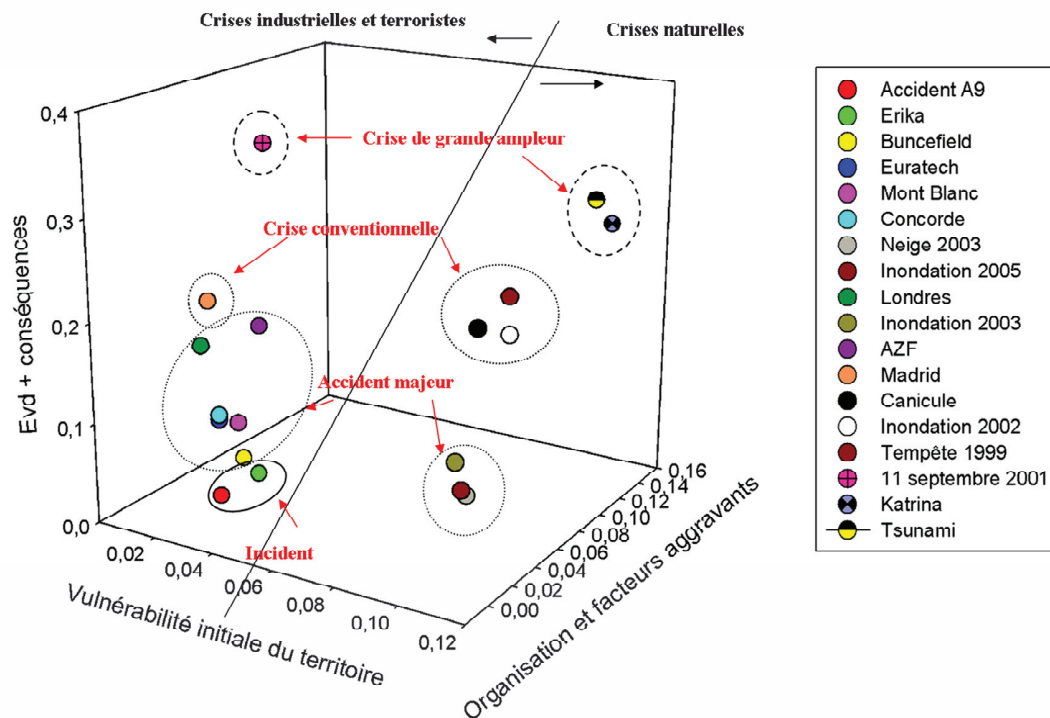


Figure 86 : Représentation 3D du système global de crise

Dès lors que l'on intègre les résultats de la vulnérabilité initiale du territoire, deux zones distinctes se dessinent. Les événements d'origines industrielles et terroristes sont positionnés sur la gauche de la figure 86, les crises naturelles sur la droite. Cette représentation met également en exergue une gradation des quatre comportements en fonction des indicateurs définissant le système de crise global. Cette représentation des événements devra être améliorée en prenant en compte le niveau réel de vulnérabilité des territoires.

La figure 87 illustre la relation entre le potentiel danger de l'évènement déclencheur (EvD) - conséquences et la vulnérabilité initiale du territoire (VIT). Cette vue permet d'illustrer la différence de pondérations entre les crises naturelles d'une part, et les crises industrielles – intentionnelles d'autre part.

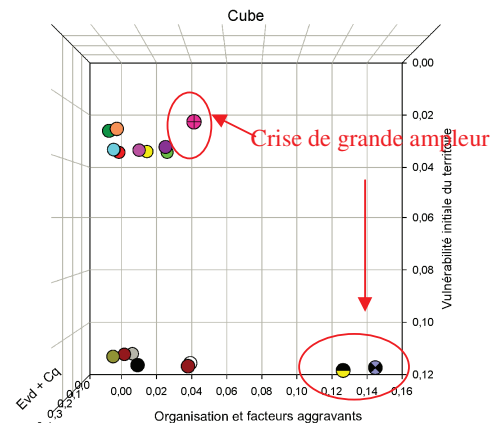


Figure 87 : Système global de crise : Organisation Versus VIT

La figure 88 affiche le même constat que précédemment. Les crises industrielles et terroristes ont eu lieu sur des territoires moins vulnérables (haut de la figure) que dans le cas des crises naturelles (bas de la figure).

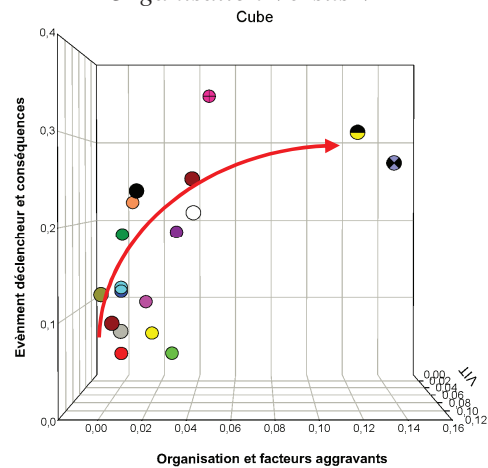


Figure 88 : Système global de crise : Organisation Versus Evd et conséquences

La figure 89 illustre la relation entre le potentiel danger – conséquences et les capacités de réaction des organisations. L'intensité des deux premiers indicateurs conditionne les capacités de réactions des organisations.

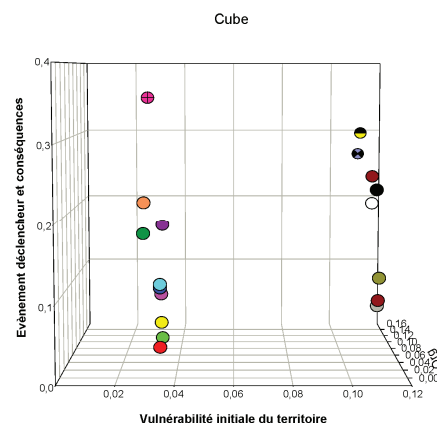


Figure 89 : Système global de crise : VIT Versus EvD et conséquences

10.3. Limites de la méthode d'aide l'anticipation et à la gestion des crises

Les deux approches choisies pour évaluer le potentiel de crise d'une situation donnée, et ce en temps réel, fournissent des résultats prometteurs. Trois limites communes aux deux approches émergent. Elles ont trait à la base de données, au choix des indicateurs, et, à l'utilisation du jugement d'expert.

La première limite concerne la base de données des retours d'expérience sur laquelle les deux approches ont été testées. Actuellement 18 retours d'expérience ont été analysés selon le ciblage des informations présentées au chapitre 5. Le recueil de ces informations permet d'évaluer dans un premier temps, lors des phases de prévention et de planification, la vulnérabilité initiale du territoire, puis, en temps réel, la situation à gérer. Plusieurs contraintes apparaissent.

La première a trait à l'indicateur vulnérabilité initial du territoire englobe qui trois sources d'information : les analyses des aléas, la vulnérabilité des enjeux et la vulnérabilité des organisations ayant un rôle civique dans la gestion des crises. Actuellement, cet indicateur, et ce pour chaque retours d'expérience n'a pas été quantifié. Par hypothèse, la vulnérabilité est cotée à 0.5. Or, cette contrainte biaise légèrement les résultats puisqu'il est difficile d'affirmer que la vulnérabilité des enjeux et des organisations dans le département du Gard par exemple, est égale à la vulnérabilité des enjeux présent sur les côtes de Thaïlande ou à la Nouvelle-Orléans.

La seconde contrainte concerne le formalisme actuel des retours d'expérience. Ils évaluent *a posteriori* les origines des événements déclencheurs, les conséquences sur les enjeux, la réponse d'urgence, et trop peu les problématiques et les défaillances organisationnelles. La crise est analysée comme un événement unique et non comme un processus. Les décisions et les actions mises en place pour limiter la crise ne sont que très peu intégrées. Les REX répondent au comment la crise s'est passée et non au pourquoi de la crise. De plus, la pratique du retour d'expérience varie en fonction des organisations.

L'intérêt de cette méthode est de prendre en compte les capacités de réactions des acteurs et les facteurs aggravants organisationnels. Or ces données ont souvent fait défaut à la lecture des retours d'expérience. De fait, certains critères et indicateurs ont été quantifié de manière approximativement selon les données détenues.

La troisième contrainte liée à base de données relève des échelles de cotations des critères et des éléments constitutifs du potentiel de crise.

Une deuxième limite concerne le choix des indicateurs et des critères. Certaines crises, au-delà des dommages humains et matériels, provoquent des pertes économiques considérables.

Or actuellement, ce paramètre n'est pas pris en compte. Ce manque est particulièrement net pour l'évaluation du potentiel de crise du naufrage Erika. Les experts ont qualifié cet évènement de majeur. Or, il est classé comme un incident par la méthode de Saaty, et comme étant indéterminé par les réseaux de neurones. En effet, cet évènement n'ayant provoqué que très peu de dommages humains mais majoritairement des dommages environnementaux et économiques, son potentiel est relativement bas du fait de l'absence d'un critère perte économique potentielle. En effet, durant la crise, il est difficile d'évaluer les pertes engendrées.

Une troisième limite relève de l'utilisation de l'avis d'experts, à la fois pour qualifier les données de sorties des réseaux de neurones, et, pour pondérer les critères et les éléments dans la méthode de Saaty.

Concernant l'application de la méthode de hiérarchisation multicritères à cette problématique, des questionnaires de recueil des avis ont été mis en place pour évaluer les structurations hiérarchiques. Par ce biais, un problème complexe est décomposé en critère et en éléments. Les experts interrogés ont été quelque peu déroutés par cette approche et le découpage d'une crise, situation complexe par essence, en élément « simple ». Le problème était devenu complexe pour eux.

10.4. Perspective de développement de la méthode d'aide à la gestion des crises et conclusion

Afin de fournir une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion d'une crise de grande ampleur assez robuste, plusieurs améliorations peuvent être apportées.

Cette méthode a pour vocation d'être appliquée sur un territoire donné. Il devra donc être nécessaire d'évaluer la vulnérabilité de ce territoire afin de caractériser au mieux le comportement des crises. En fonction du territoire donné, les sources de risques et la vulnérabilité des enjeux varient. Les organisations établissent des scénarios et des plans d'urgence en fonction des risques présents sur ce territoire. Elles définissent notamment des indicateurs de surveillance (plan canicule). L'ensemble des informations de surveillance présentes dans les plans d'urgence devront être intégrées dans le système de veille stratégique. Une deuxième piste de développement de la méthode a trait aux signaux avertisseurs. Ces informations sont source de renseignement à la fois sur l'occurrence potentielle d'un évènement déclencheur et sur l'amplification d'une crise. Actuellement, ces paramètres sont définis comme des facteurs aggravants, leur non prise en compte est synonyme d'aggravation du potentiel de crise. Une étude approfondie des signaux avertisseurs des événements

déclencheurs devra être menée afin de créer un système robuste pour anticiper sur une situation de crise de grande ampleur.

Une troisième perspective de développement concerne l'intégration, de manière formelle, des vulnérabilités organisationnelles dans l'évaluation du potentiel de crise. En se basant sur cette méthode, les organisations pourront évaluer à la fois les risques qu'elles encourent et également définir leurs défaillances latentes. De plus, cette approche systémique des crises de grande ampleur peut servir de base à la définition d'un cadre formel pour la conduite des retours d'expérience.

Une quatrième piste d'amélioration concerne l'opérationnalité de cette méthode. Elle devra se baser sur une interface informatique permettant de faire un lien avec l'ensemble des systèmes opérants présents en cellule de crise (main courante, systèmes d'information géographique,...)

Enfin, cette méthode pour être efficace doit être appropriée par l'ensemble des acteurs.

Conclusion générale et perspectives

Les travaux de recherche menés dans le cadre de cette thèse avaient un double objectif : d'une part améliorer la connaissance sur les situations de crise, et d'autre part développer un système de veille stratégique du territoire à destination des acteurs de la Sécurité Civile afin d'anticiper et de gérer une crise de grande ampleur.

Le premier chapitre d'introduction a défini le contexte des risques majeurs et des nouvelles menaces. Il a également dressé le tableau des acteurs de la Sécurité Civile et exposé, au travers de deux études de terrain, les problématiques auxquelles sont confrontés les acteurs aux différentes étapes de la boucle du risque.

Le chapitre 2 a précisé le concept de crise. Cinq aspects ont été envisagés. Dans un premier temps, le concept de crise a été clarifié afin de mettre en exergue les caractéristiques, au travers un état de l'art des définitions.

Puis, au vu des définitions et des caractéristiques, quatre questions ont émergé : comment apparaissent les crises ? Pourquoi les organisations sont-elles à la fois sources et victimes des crises ? Quelles configurations adoptent-elles pour faire face ? Quelles sont les conséquences de ces situations sur les individus et l'organisation ?

Le chapitre 3, en s'appuyant sur des retours d'expérience de crise ayant eu lieu ces dix dernières années, a mis en évidence quatre paramètres clés conditionnant l'ampleur d'une crise et la réponse des organisations. Ces paramètres sont : les facteurs de contingence de l'évènement déclencheur, la gravité et l'importance spatiale des conséquences humaines, environnementales et matérielles, la présence de facteurs aggravants techniques et organisationnels, le niveau de vulnérabilité initiale des enjeux et des organisations.

Le chapitre 4 a ouvert quelques pistes d'amélioration de la gestion des crises et de perspectives de recherche, basées principalement sur le concept de résilience. Une organisation peut devenir résiliente vis-à-vis des crises en intégrant, lors des différentes phases de la gestion des risques et des crises, de la créativité, de la flexibilité, de l'improvisation dans leur pratique. Un second aspect permettant de diminuer la vulnérabilité des organisations a trait à l'apprentissage organisationnel au travers notamment des simulations et des retours d'expérience.

Cette première partie a ainsi permis d'approfondir le concept de crise. Les crises de sécurité peuvent être analysées selon deux approches complémentaires. La première envisage la crise comme un évènement unique, résultant d'un risque majeur hors norme.

Les acteurs mettent en place des actions d'urgence pour limiter les dommages. La seconde approche définit la crise comme un long processus de maturation, prenant naissance au sein des organisations et qui éclot sous l'action d'un événement déclencheur. Elle crée un environnement turbulent qui provoque une pression temporelle élevée, des incertitudes, des ambiguïtés qui perturbent le processus de décision. Dans le cadre de cette étude, les organisations de Sécurité Civile ne génèrent pas d'évènement déclencheur mais peuvent être considérées à la fois comme victimes des crises et comme amplificateur d'une situation initiale en crise de grande ampleur de par la présence de vulnérabilité latente au sein de leurs organisations. Cet état vulnérable provient à la fois de la présence d'acteurs multiples et variés, chacun ayant des fonctionnements, des référentiels et des langages propres et également des pratiques de gestion (prévention, planification et apprentissage) ne cadrant pas de manière optimale aux réalités des crises. Ainsi, confrontées aux crises, les organisations peuvent perdre le sens de la réalité et basculer elles-mêmes en crise.

Afin d'aider les décideurs à percevoir et gérer une crise de grande ampleur, le second objectif de cette recherche est à la définition d'une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur s'appuyant sur une approche systémique de la crise de grande ampleur.

Le chapitre 5 a donné lieu d'une part à une définition de la crise de grande ampleur, et d'autre part, a proposé, selon une approche systémique, une modélisation du processus conduisant à l'émergence d'une crise de grande ampleur. Trois conditions sont nécessaires au développement des crises : un territoire (aléas, enjeux et organisations) initialement vulnérables vis-à-vis d'une crise, un ou une série d'évènements déclencheurs d'origine naturelle, industrielle ou intentionnelle et la présence de facteurs aggravants d'ordres techniques, humains et managériaux qui affectent les capacités de réponse des décideurs.

Sur la base de cette définition, une modélisation systémique du processus d'émergence des crises de grande ampleur a été proposée. Trois modèles ont ainsi été définis afin d'avoir à la fois une vision globale de la réalité et une vision macro-scopique de la réalité des crises. Le modèle 1, intitulé système de crise de grande ampleur, représente le processus et le comportement conduisant un état initial soumis à une perturbation, à évoluer vers quatre états possibles que sont l'incident, l'accident majeur, la crise conventionnelle et la crise de grande ampleur. Dans l'objectif d'évaluer le comportement de ce système, deux représentations à la fois de l'état initial et de l'état de crise de grande ampleur ont été proposées. Le modèle de l'état initial représente le mode de fonctionnement normal d'un territoire, des enjeux et des organisations le tout évoluant dans un contexte politique, économique et international. L'état de crise de grande ampleur se compose de quatre sous-systèmes que sont l'évènement déclencheur (perturbation à l'origine du processus), les conséquences sur les enjeux, les

organisations gestionnaires et le territoire initial. Les crises de grande ampleur ont également une dynamique propre qui est soit cumulative (apparition de manière graduelle par un évènement déclencheur ayant une cinétique lente) soit abrupte (cinétique instantanée de l'évènement déclencheur). Cette décomplexification du problème de manière systémique, a permis de cibler les informations utiles à l'évaluation du potentiel de crise, permettant ainsi de renseigner les décideurs sur le comportement de la situation à gérer (incident, accident majeur, crise conventionnelle et crise de grande ampleur).

Afin d'aider les décideurs dans leur processus de décision et plus précisément dans l'évaluation du comportement d'une situation et l'anticipation d'une amplification potentielle de la situation, la mise en place d'un système de veille stratégique du territoire s'appuyant sur des méthodes d'aide à la décision a été définie.

Le chapitre 6, au travers d'un état de l'art non exhaustif de l'aide à la décision, a présenté de manière conceptuelle les deux méthodes permettant de définir et d'évaluer le potentiel de crise. Le premier choix s'est porté sur la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty (1984) dont l'intérêt réside à la fois dans l'obtention d'un critère unique d'évaluation d'un problème, et également, dans l'approche formalisée de structuration de l'objectif général. La seconde méthode s'appuie sur les réseaux de neurones classifieurs. Cet outil de modélisation permet de classer une situation donnée sans connaissance *a priori* des interactions des différents paramètres du problème.

La chapitre 7 a formalisé la méthode d'aide à la gestion des crises. Afin de quantifier les informations recueillies lors de la gestion de la crise, et conformément aux modèles développés, des échelles de cotation pour l'ensemble des paramètres ont été définies. Pour tester la faisabilité des deux méthodes retenues, une base de données regroupant actuellement dix-huit retours d'expérience a été créée. Chaque retour d'expérience a été analysé selon la modélisation proposée précédemment, afin de recueillir les informations utiles à la quantification du potentiel de crise. Les deux méthodes ont ensuite été transposées à la problématique.

La méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises a ensuite été appliquée afin de définir le comportement des dix-huit retours d'expérience. Cette méthode peut être utilisée à la fois en amont des crises, lors des phases de prévention et de planification, lors de la gestion d'une crise, et également lors de la conduite des retours d'expérience car elle propose un cadre formalisé d'analyse des situations.

Le chapitre 8 a présenté l'application de la méthode selon la démarche de Saaty. Le comportement des dix huit retours d'expérience a été évalué. Il est ressort que l'ouragan Katrina, le tsunami en Asie et les attentats du 11 septembre sont qualifiés de crise de grande.

Du fait de l'utilisation de l'avis d'expert pour créer les seuils de reconnaissance, les tempêtes de 1999 ont été classées en tant que crises conventionnelles mais elles se situent à la limite d'un comportement de crise de grande ampleur. Plusieurs limites à l'utilisation de la méthode de Saaty pour évaluer le potentiel de crise ont été soulignées.

Le chapitre 9 avait pour vocation de démontrer la faisabilité de l'utilisation des réseaux de neurones de type classifieur. Selon cet approche, l'ouragan Katrina et le tsunami en Asie ont été classés en crise de grande ampleur. Les attentats du 11 septembre 2001 aux Etats-Unis n'ont pu être classés. En raison d'un faible nombre de cas recensés dans la base de données, la faisabilité des réseaux n'a pu être démontrée que sur les réseaux classifieurs à deux classes. Néanmoins, leur utilisation pour classer une situation selon les quatre comportements semble prometteuse sous réserve d'augmenter le nombre de retours d'expérience dans la base de données afin d'effectuer un apprentissage optimal.

Enfin, le chapitre 10 compare les deux approches retenues pour définir le comportement d'une situation donnée. Sur les dix-huit retours d'expérience analysés, seul le comportement de neuf cas a été défini de manière similaire par les deux approches.

Cette méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises offre des perspectives intéressantes sous condition d'amélioration de la prise en compte de la vulnérabilité initiale du territoire sur lequel s'appliquera la méthode.

Perspectives

Ce travail de thèse a permis d'ouvrir trois perspectives principales de développement relatives à l'apprentissage organisationnel, à la connaissance du processus d'apparition des crises de grande ampleur et à la définition d'une veille stratégique du territoire.

Concernant l'augmentation de la résilience des organisations

Afin d'augmenter la résilience des organisations à faire face à une crise de grande ampleur, plusieurs pistes d'améliorations ont été proposées pour les quatre phases de la boucle du risque (prévention, planification et apprentissage, gestion de la crise, retours d'expérience).

Lors de la phase de prévention, l'introduction de la flexibilité, de la créativité et de la prise en compte de l'organisation de manière formelle dans les scénarios de risques a été mise en avant. De plus, une analyse des vulnérabilités des organisations doit être menée. Les acteurs, pour éviter tout problème de communication lors de la crise, doivent partager leur savoir, leur savoir-faire et leur savoir-être afin de développer une culture commune des crises. Cet

apprentissage peut être fait au travers de deux pratiques que sont la simulation et le retour d'expérience.

Au moment des exercices et des simulations, on vérifie le modèle développé à partir d'une certaine réalité en testant les scénarios de risques, les procédures et les moyens opérationnels, les flux de communication, la définition des rôles de chacun, des responsabilités.... Mais le risque réside dans le fait que cette réalité ainsi simulée, est somme toute, assez loin du réel qui lui est défini selon la nature même de l'évènement, de l'ampleur des conséquences et de la crise qui en résulte. L'imprévu, l'incalculable et l'impensable ne sont jamais ou très rarement pris en compte dans des scénarios de simulation. Il est plus rassurant pour des décideurs de tester son organisation sur des scénarios connus au préalable et ne posant pas de problèmes particuliers. L'apprentissage à la gestion des crises par la simulation, doit inclure un panel large de scénarios, les dérives et les amplifications potentielles du système sous l'action des facteurs aggravants. Il est tout de même nécessaire au préalable de s'assurer que les fondamentaux (organisations, rôles des acteurs, procédures, connaissances) à toutes gestion d'accident majeur ou de crise sont acquis. Mais la véritable amélioration de la préparation à la gestion des crises doit résider d'une part dans l'amélioration des scénarios testés et d'autre part, en remettant l'homme au centre des exercices. N'est-ce-pas de nos erreurs que nous apprenons le mieux ? Ainsi l'amélioration de la performance des décideurs et des acteurs ne résidera pas dans la capacité de suivre et de résoudre des scénarios classiques de gestion de crise mais plutôt dans la capacité de chacun à déceler et à prendre en compte la kyrielle de facteurs aggravants qui peuvent survenir lors d'une crise.

Les retours d'expérience menés après la crise déterminent les causes primaires (événement déclencheur), le type, l'ampleur et la gravité des conséquences, décrivent la séquence des événements, mettent en évidence sous l'angle analytique les causes techniques ou scientifiques de défaillances et émettent des améliorations à mettre en place afin d'éviter la survenue d'autres événements similaires. Mais ces études ne reviennent pas sur la gestion propre de l'évènement, sur les décisions prises et le ressenti des acteurs. En d'autres mots, la compréhension que les gens pouvaient avoir de la situation n'est pas prise en compte. Les retours d'expérience analysent sous l'angle de la rationalité, sous l'angle technique et analytique, les causes et les conséquences des crises sans prendre en compte le côté symbolique des décisions c'est-à-dire sans répondre au pourquoi des échecs. L'amélioration des retours d'expérience doit inclure d'une part, selon une approche dialectique, à la fois une évaluation des événements, des conséquences ainsi que l'enchaînement des facteurs aggravants, et d'autre part, un volet organisationnel qui comporterait la connaissance tacite des acteurs (cellule de crise et terrain), les représentations individuelles et collectives de la crise, en fonction de la culture de chaque acteur, le vécu individuel de la crise et les décisions qui ont été prises pendant la crise. Ceci pourrait s'appuyer sur la technique des cartes

cognitives (Axelrod, 1976 ; Cossette, 2003) permettant de cartographier les représentations mentales des acteurs.

Concernant la connaissance sur le processus de crise

La compréhension du processus dans sa globalité doit inclure une étude de l'enchaînement des facteurs aggravants afin de comprendre comment ils agissent mutuellement sur l'amplification d'une situation de crise. De plus, la détection et la non prise en compte des signaux avertisseurs par les organisations est une réalité. La définition des signaux avertisseurs des crises devra être menée. Pour se faire, il serait intéressant de déterminer les structures fixes et les acteurs spécifiques à un territoire d'application, susceptibles d'émettre des informations anticipatrices, puis de catégoriser les informations en fonction des scénarios de crises potentielles. Parallèlement à cela, une étude fine des interactions des organisations en phase de veille permettra de définir les canaux de recueil et de transmission de l'information. Cette recherche est à mener de concert avec les acteurs, au cours de séances de brainstorming, car la perception d'un signal est avant tout liée au sens que donnent les acteurs à leur territoire.

Concernant la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur

Plusieurs améliorations sont envisagées. Pour que la méthode soit effective, elle doit être partagée et les acteurs susceptibles de l'utiliser doivent se l'approprier. De plus, afin de « coller » aux réalités du territoire d'application, les acteurs devront intégrer l'ensemble des indicateurs de surveillances contenus dans les plans d'urgence et les signaux avertisseurs définis au préalable.

Concernant l'utilisation des réseaux de neurones à la problématique, deux pistes de développement sont envisagées sous condition d'étayer la base de données des retours d'expérience : optimiser l'utilisation des réseaux de neurones multicouches effectuant une classification non linéaire, tester les réseaux de neurones bouclés afin de prendre en compte la dynamique de la crise.

Pour conclure, la gestion d'une situation de crise de grande ampleur est avant tout une expérience humaine. C'est dans ces moments là que le meilleur des acteurs, qu'ils soient en cellule de crise ou en première ligne sur le terrain, la solidarité des populations s'expriment le plus.

Bibliographie

- Administración de Justicia., (2004), El auto de procesamiento por el 11-M, Audiencia nacional, Sumario N°20/2004 <http://www.elmundo.es/documentos/2006/04/11/auto11m/01.pdf>.
- Adnet, F., Maistre, J.P., Lapandry, C., Cupa, M., Lapostolle, F., (2003), *Organisations des secours médicaux lors de catastrophes à effets limités en milieux urbains*, Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation, Vol. 22, pp.5-11.
- Aguire, B.E., (2006), *On the concept of resilience*, Preliminary paper, Disaster Research Center, 10 p.
- Alexander, D., (2004), *Cognitive mapping as an emergency management training exercise*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 12, N° 4, pp. 150-159.
- Allard Poesi, (2003), *Sens collectif et construction collective du sens*, In B. Vidaillet (Ed), *Le sens de l'action – Karl Weick, sociopsychologie de l'organisation*, Paris Vuibert, pp. 91-114.
- Aylwin, C., König, T.C., Brennan, N.W., Shirley, P.J., Davies, G., Walsh, M.S., Brohi, K., 2006, *Reducing in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the London bombings in July, 7, 2005*, Vol. 368, pp.23-30, disponible sur www.thelancet.com.
- Ansoff, (1975), *Managing strategic surprise by response to weak signals*, California Management Review, Vol. 18, N° 2, pp. 21-33.
- Argyris, C., (2002), *Double-loop learning, teaching, and research*, Academy of management Learning and Education, Vol. 1, N°2, pp. 206-219.
- Argyris, C., Putman, R., McLain, D., (1985), *Action Science: Concepts, Methods, and Skills for Research and Intervention*, Jossey Bass Business and Management Series, 510p., Disponible sur http://www.actiondesign.com/action_science/index.htm, consulté le 4/09/2007.

- Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, (2006), le cyclone Katrina, Quelles leçons pour l'Europe, Dossier participants, Conférence Débat du jeudi 23 février 2006.
- Aull-Hyde, R., Erdogan, S., Duke, J.M., (2006), *An experiment on the consistency of aggregated comparison matrices in AHP*, European Journal of Operational Research, Vol. 171, pp. 290-295.
- Axelrod, R., (1976), *The rational timing of surprise*, World Politics, Vol. 31, N° 2, pp. 228-246.
- Ayral, P.A., (2001, b), *Contribution à l'élaboration d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité face à quatre risques «naturels» particuliers liés à la ressource en eaux*, Mémoire de DEA, Université Toulouse Le Mirail II, 134p.
- Ayral, P.A., Griot, C., (2001, a), *Terminologie en science du risque*, Recueil de définitions, Document préparatoire au Colloque international : Dire le Risque : Le risque en examen, Sous l'égide du Conseil de l'Europe, Mèze, 18-20 mai 2001, 83p.
- Baker, D., refsgaard, K., (2007), *Institutional development and scale matching in disaster response management*, Ecological Economics, Vol. 63, pp. 331-343.
- Barpi, (2004), *Explosion de nitrate d'ammonium à Toulouse (31), le 21 septembre 2001*, 10p.
- Barpi, (2006), *Explosions suivies d'un incendie dans le dépôt pétrolier, le 11 décembre 2005, Buncefield, Royaume Uni*, version provisoire, dernière actualisation le 9/11/2006, N°31312, 10p
- Barpi, (2004), Echelle européenne des accidents, disponible sur http://aria.ecologie.gouv.fr/barpi_stats.gnc, consulté le 18/04/2004.
- Barthet, M.C., (2004), *Explosion de l'usine AZF, Toulouse, 21 septembre 2001*, Intervention Cours Mastère Sécurité Industrielle et Environnement, Ecole des Mines d'Alès,
- Berke, P., (2006), *New Orléans : A resilient city or an American pompeii ?*, Communication orale, Conférence-débat Le cyclone Katrina: Quelles leçons pour l'Europe, Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, 23 février 2006, Paris, 10p.

- Bézivin, J., Gerbé, O., (2001), *Towards a Precise Definition of the OMG/MDA Framework*. 16th IEEE International Conference on Automated Software Engineering (ASE'01), San Diego, USA November 26-29.
- Billings, R.S., Milburn, T.W., Schaalman, M.L., (1980), *A model of crisis perception: a theoretical and empirical analysis*, Administrative Science Quaterly, Vol. 25, N° 2, pp. 300-316.
- Bockley, D., (1998), *Managing proneness to failure*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 6, N° 2, pp. 76-79.
- Bockley, D., (1999), *Hazard and energy in risky decisions*, Civil Engineering and Environmental System, Vol. 16, pp. 315-337.
- Boin, A., Kofman-Bos, C., Overdijk, W., (2004), *Crisis simultaions: Exploring tomorrow's vulnerabilities and threats*, Simulations and gaming, Vol. 35, N°3, pp. 378-393.
- Boin, A., Lagadec, P., (2000), *Preparing for the future: critical challenges in crisis management*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 8, N° 4, pp. 185-191.
- Bouchon, S., (2006), *L'application du concept de vulnérabilité aux infrastructures critiques : quelles implications pour la gestion territoriales des risques ?* Responsabilité et Environnement, N°43, pp.35-40.
- Bourdier, J.P., (2000), *Le retour d'expérience à EDF après les tempêtes de décembre 1999*, La lettre des cindyniques, N°32, 6 p.
- Boutté, G., (2006), *Risques et catastrophes : comment éviter et prévenir les crises ?; Le management des situations complexes*, Editions du Papyrus, 334 p.
- Brackbill, R.M., Thorpe, L.E., Digrande, L., Perrin, M., Sapp, JH., Wu, D., Campolucci, S., Walker, D.J., Cone, J., Pullian, P., Thalji, L., Farfel, M.R., Thomas, P., (2006), *Surveillance for World Trate Center disaster health effect among survivors of collapsed and damage building*, MMWR Surveillance Summaries, Vol. 55, N°2, pp. 1-18.
- Bronner, C., (2006), *Utilisation des données opérationnelles pour l'aide à la décision en situation accidentelle*, Etat d'avancement 2^{ème} année de thèse, Ecole des Mines d'Alès, 83p.

- Bruinsma, G., DeHoog, R., (2006)., *Exploring protocols for multidisciplinary disaster response using adaptive workflow simulation*, Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference, Newark, NJ (USA), May 2006.
- Bureau Enquête Accident., (2001), *Rapport final concernant l'accident survenu le 25 juillet 2000 au lieu-dit de La Patte d'Oie de Gonesse (95) au Concorde immatriculé f-BTSC exploité par Air France*, Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, Ile de France, 188p.
- Burke, E., Hendry, C., (1997), *Decision making on the London incident ground: an exploratory study*, Journal of Managerial Psychology, Vol. 12, N° 1, pp. 40-47.
- Burnett, J.J., 1998, *Strategic approach to managing crises*, Public Relations Review, Vol. 24, N°4, pp. 475-488.
- Cardona, A.O., (1993), *Evaluacion de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo*; Elemento para el ordenamiento y la planeaci del desarrollo, pp.1-4.
- Chan, F.T.S., Kumar, N., (2007), *Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach*, Omega, Vol. 35, pp. 417-431.
- Chapurlat V., (2007), *Vérification et validation de modèles de systèmes complexes : application à la Modélisation d'Entreprise*, HdR, Université Montpellier II, France.
- Charles M., (2000), *Accidental shooting: an analysis*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 8, N° 3, pp. 151-160
- Chelariu, C., Johnston, W.J., Young, L., (2002), *Learning to improvise, improving to learn; A process of responding to complex environments*, Journal of Business Research, Vol. 55, pp. 141-147.
- Cheng, C.H., (1996), *Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy AHP based on the grade value ok membership function*, European Journal of Operational Research, Vol. 96, pp. 343-350.
- Cheng, C.H., (1999), *Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight*, European Journal of Operational Research, Vol. 116, pp. 423-435.

- Chou, T.Y., Chou, S.C., Tzeng, G.H., (2006), *Evaluating IT/IS investments: A fuzzy multi-criteria decision model approach*, European Journal of Operational Research, Vol. 173, pp. 1026-1046.
- Choularton, R., (2001), *Complex learning: organizational learning from disasters*, Safety Science, Vol. 39, pp. 61-70.
- Code général des collectivités territoriales,
- Comfort, L.K., Ko, K., Zagorecki, A., (2004), *Coordination in rapidly evolving disaster response systems: The role of information*, American Behavioural Scientist, Vol. 48, N°3, pp. 295-313.
- Comfort, L.K., Sungu, Y., Johnson, D., Dunn, M., (2001), *Complex system in crisis: Anticipation and resilience in dynamic environments*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 9, N°3, pp. 144-158.
- Commission des Communautés Européennes (2004), *Protection des infrastructures critiques dans le cadre de la lutte contre le terrorisme*, COM(2004) 702 final, 12p.
- Commission Locale d'Information et de Prévention de Toulouse Sud, (2003), *Commission locale d'information et de prévention du pôle chimique sud de Toulouse*, Compte rendu de réunion du 15 mai 2003, <http://www.midi-pyrenees.drire.gouv.fr/environnement/GTCOM/CLIP/CLIP%20SNPE%20mai03.pdf>, Consulté le 24/03/200, 47p.
- Cooke, D.L., (2003), *Learning from incidents*, Viewed at: <http://www.albany.edu/cpr/sds/conf2003/proceed/PAPERS/201.pdf>.
- Cossette, P., (2003), *Cartes cognitives et organisations*, collection dirigées par Deseumaux, A et Verstraete, T., Les éditions l'ADREG, 324p.
- Crichton, M., Flin, R., (2001), *Training for emergency management: tactical decision games*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 88, pp 255-266.
- Cybenko, G., (1989), *Approximation by Superpositions of a Sigmoidal Function*, Mathematics of Control, Signals and Systems, Vol. 2, pp. 303-314.
- D'Ercole, R., (1998), *Approches de la vulnérabilité et perspectives pour une meilleure logique de réduction des risques*, Pangea, N°29-30, pp. 20-28.

- Dauphiné, A., (2001), *Risques et catastrophes : Observer – Spatialiser - Comprendre – Gérer*, Collection U, Armand Collin, Paris, 288p.
- Dautun, C., (2003), *Etude de la vulnérabilité : Concept et évaluation de la vulnérabilité de différents sites industriels*, Rapports de DESS, Ecole des Mines d'Alès, 87p.
- Dautun, C., Bronner, C., Bony-Dandrieux, A., Tixier, J., Chapelain, J., Fontaine, F., Dusserre, G., (2006), *Towards a better knowledge of crises*, submission in safety science.
- Davies, D., (2005), *Crisis management: combating the denial syndrome*, Computer law and security report, Vol. 21, pp. 68-67.
- De La Coussaye, J.E., Carli, P., (2003), *Faut-il modifier le plan rouge en cas d'accident catastrophique à effets limités (ACEL) ?*, Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation, Vol. 22, N° 1, pp. 3-4.
- De Richemont, H., (2000), *Rapport d'information au nom de la mission commune d'information chargée d'examiner l'ensemble des questions liées à la marée noire provoquée par le naufrage du navire « Erika », de proposer des améliorations concernant la réglementation applicable et définir les mesures propres à prévenir de telles situations*, Tome 1, Sénat, Séance du 27 juin 2000, 225 p.
- De Rosnay J., (1975), *Le macroscope*, Le Seuil.
- Dearstyne, B., (2007), *The FDNY on 9/11: Information and decision making in crisis*, Government Information Quaterly, Vol. 24, pp. 29-46.
- Dechy, N., Bourdeaux, T., Ayrault, N.; Kordeck, M-A and LeCoze, JC., (2004,b), *First lessons of the Toulouse ammonium nitrate disaster, 21st September 2001, AZF plant, France*; Journal of Hazardous Materials, Vol. 111, pp. 131-138.
- Dechy, N., Mouilleau, Y. (2004, a), *Damages of the Toulouse Disasters, 21st September 2001*, Loss prevention and safety Promotion in Process Industries, 11th International Symposium Loss prevention 2004, Praha, 31 May-3 June 2004.
- Delvosalle, C., (1996), *Domino effects phenomena: Definition, overview, and classification, administration of labour safety*, Proceedings of the European seminar on domino effect, Leuven (p. 5). Brussels: Ministry of Employment and Labour.

- Demolombe R., (1997), *Uncertainty in intelligent databases* in: Motro, A., *Uncertainty Management in Information Systems*, Kluwer Academic Publications, Dordtech, The Netherlands, pp. 1-37.
- Denis H., (1993), *Gérer les catastrophes, l'incertitude à apprivoiser*, Les Presses Universitaires de Montréal, Montréal, 248 p.
- Denis, H., (2002), *La réponse aux catastrophes : Quand l'impossible survient*, Presse International Polytechnique, Montréal, 318 p.
- Deschamps, (1996), *What Crises Could Teach Us about Complexity and Systemic Management; The Case of the Nestucca Oil Spill*, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 55, N° pp. 107-129.
- DeSoir, E., (1999), *La gestion du stress traumatique chez les sapeurs pompiers et les ambulanciers. Expériences avec le débriefing psychologique en Belgique*, *Médecine de Catastrophes et Urgences Collectives*, Vol. 2, pp. 139-152.
- Direction de la Défense et de la Sécurité Civile, (2006), *Guide ORSEC départemental, Méthode générale*, Tome 1, 69 p.
- Dong Y., Xu, Y., Li, H., Dai, M., (2007), *A comparative study of the numerical scales and the prioritization methods in AHP*, disponible sur science direct.com, doi: 10.1016/j.ejor.2007.01.044, 14 p.
- Dreyfus, G., Martinez, J. M., Samuelides, M., Gordon, M. B., Badran, F., Thiria, S. L., Hérault., (2002), *Réseaux de neurones. Méthodologie et applications*, Eyrolles. Paris, 408 p.
- Duffe, P., Marec, M., (1999, a), *Mission administrative d'enquête technique sur l'incendie survenu le 24 mars 1999 au tunnel routier du Mont Blanc*, rapport d'Etape du 13 avril 1999, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Paris, 31 p.
- Duffe, P., Marec, M., Cialdini, P., (1999, b), *Les 41 propositions du rapport commun des missions administratives d'enquête technique française et italienne relatif à la catastrophe survenue le 24 mars 1999 dans le tunnel du Mont Blanc*, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement et Ministero dei la vori Pubblici, Paris, 36 p.

- Duncan, R.B., (1972), *Characteristics of organizational environments and perceived environment uncertainty*, Administrative Science Quarterly, Vol. 17, N° 2, pp. 313-327
- Dynes, R.R., (1970, a), *Organizational behaviour in disasters*, Heath Lexington, Massachusettes, 235 p.
- Dynes, R.R., (1970, b), *Organizational involvement and changes in community structure in disaster*, American Behavior Scientist, Vol. 13, N°3, pp. 430-439.
- Egan, M.J., (2007), *Anticipating future vulnerability: Defining characteristics of increasingly critical infrastructure-like systems*, Journal of Contingencies and Crisis management, Vol. 15, N°1, pp 4-17.
- Escobar, M.T., Aguaron, J.M., Moreno-Jiménez, J.M., (2004), *A note on AHP group consistency for the row geometric mean prioritization procedure*, European Journal of Operational Research, Vol. 153, pp. 318-322.
- Faisandier, A., (2005), *Revisiting the notion of system - Organizations and Enterprises as systems*. INCOSE 2005, 15th Annual International Symposium, Systems Engineering: Bridging Industry, Government, and Academia, Rochester, New York, USA 10-14 July 2005
- Fauchart, E., (2006), *Moral hazard and the role of users in learning from accidents*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 14, N°2, pp. 97-106.
- Faulkner, B., (2001), *Towards a framework for tourism disaster management*, Tourism Management, Vol. 22, pp. 35-47.
- Fédération Française des Sociétés d'Assurances, (2000), *Tempêtes de décembre 1999 : Coûts, indemnisations et enseignements*, Lettre d'information Assurer, N° 118, 2 p.
- Fontaine, F., Defert, R., (2004), *Appui technique pour la mise en œuvre des PPRT ; Note sur la cinétique des scénarios d'accidents*, Ministère de l'écologie et du Développement Durable, 27p.
- Forgues, B., (1993), *Processus de décision en situation de crise*, Thèse de doctorat en Sciences de gestion, Université Paris-Dauphine, paris, 271 p.

- Forgues, B., Roux-Dufort, C., (1998), *Crises : Events or processes ?*, Hazards and Sustainability Conference, Durham, UK, 26-27 may 1998, 35 p.
- Forman, E., Peniwati, K., (1998), *Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process*, European Journal of Operational Research, Vol. 108, pp. 165-169.
- Franck, I.C., (2005), *Emergency response to the Gulf Coast devastation by hurricanes Katrina and Rita: Experiences and impression*, Journal of Emergency Nursing, Vol. 61, N° 6, pp. 526-547.
- Frykberg, E.R., (2002), Medical management of disasters and mass casualties from terrorist Bombings: How can we cope? The Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care, Vol. 53, N°2, pp. 201-212.
- Funahashi, K., (1989), *On the Approximate Realization of Continuous Mappings by Neural Networks*, Neural Networks 4, pp. 349-360.
- Garrido-Martin, 2005, Réponses des services d'urgence à l'hyper terrorisme, Madrid 11 mars 2004, traduction par le Dr PAQUIN S, conférence orale.
- Gatot, L., (2000), *Crise et Cognition : Conception d'une gestion préventive*, Thèse de doctorat en sciences de gestion, Faculté des sciences économiques, sociales et de gestion, Notre Dame de la Paix, Namur, 232 p.
- Gilbert, C., (2002), *Risques collectifs et situations de crise, Apports de la recherche en sciences humaines et sociales*, Collectif, Collection Risques collectifs et situation de crise, L'Harmattan, Paris, 340 p.
- Granot, H., (1995), *Proposed scaling of the communal consequences of disasters*, Disaster Prevention and Management, Vol. 4, N°3, pp. 5-13.
- Granot, H., (1997), *Emergency inter-organizational relation ship*, Disaster Prevention and Management, Vol. 6, N° 5, pp. 305-310
- Griot, C., (2003), *Vulnérabilité et risques liés aux transports de matières dangereuses : Evaluation de la vulnérabilité en vue de la préparation aux interventions de la sécurité Civile*, Thèse de Doctorat, Université Montpellier III, 584 p.

- Guihou, X., Lagadec, P., Lagadec, E., (2006), Crucial Facts, Further Considerations," Non-Conventional crises and critical infrastructures. Katrina: Report-back Mission, New Orleans, Gulfport, February 19-25, 2006; Washington, DC, March 13-15, 2006. EDF, Risk Management Division, July 2006.
- Guitouni, A., Martel, J.M., (1998), *Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method*, European Journal of Operational Research, Vol. 109, pp. 501-521.
- Gundel, S., (2005), *Toward a new typology of crises*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 13, N° 3, pp. 106-115.
- Hale J., (1997), *A layered communication architecture for the support of crisis response*, Journal of Management Information Systems, Vol. 14, N° 1, pp. 235-255.
- Heisbourg, F., Marret, J.L., (2006), *Le terrorisme en France aujourd'hui*, Editions des Equateurs, 127p.
- Hellström, T., (2007), *Critical infrastructure and systemic vulnerability: towards a planning framework*, Safety Science, Vol. 45, pp. 415-430.
- Hennebuisse, C., (2004), *Le crash du Concorde, le rapport complet*, consulté le 22/01/2004, disponible sur http://perso.wanadoo.fr/christophe.hennebuisse/page_43.htm
- Hornik, K., Stinchcombe, M., White, H., Auer, P., (1994), *Degree of approximation results for feedforward networks approximating unknown mapping and their derivatives*, Neural Computation, Vol. 6, pp. 1262-1275.
- Hornus, H., Martin, X., (2005), *Retour d'expérience sur la vigilance crue et son intégration dans le dispositif de crise lors des événements pluviaux du 6 au 9 septembre 2005 dans le Gard et l'Hérault*, rapport de l'Inspection Générale de l'Environnement, Ministère de l'Ecologie et du développement Durable, N°05/056, 14p.
- House of Commons, (2006), *Report of the official Account of the Bombings in London on 7th july 2005*, The Stationery Office, 37p.
- Hoyois, P., Below, R., Scheuren, J.M., Guha-Sapir, D., (2007), *Annual disaster statistical review: Number and trends 2006*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 55 pp.

- Huet, P., Martin, X., Prime, J.L., Foin, P., Laurain, C., Cannard, P., 2003), *Retour d'expériences des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme*, Rapport de Inspection Générale de l'Environnement, Ministère de l'Ecologie et du développement Durable, N°02/044, 129 p.
- Hwang, P., Lichtenthal, J.D., (2000), *Anatomy of organizational crises*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 8, N° 3, pp. 129-140
- Ifen, (2000), *Programme Corine Land Cover 2000*, disponible sur <http://www.ifen.fr/bases-de-donnees/occupation-du-sol.html>, consulté le 10/09/2006.
- Inesc, (2002), *Explosion de l'usine AZF – 21 septembre 2001*, Département études et recherches, 17p.
- Inspection Générale de l'Aviation Civile, (2003), *Rapport préliminaire sur les événements survenus les samedis 4 et dimanche 5 janvier sur les aéroports de Roissy Charles- de Gaulles et d'Orly*, 20 p.
- Institute for Crisis, Disaster and Risk management, (2002), *Observing and documenting the Inter-Organizational responses to the September 11th Attack on the pentagon*, The Georges Washington University, juillet 2002.
- INVS, (2004), 21 septembre 2001- 21 septembre 2004 : bilan de l'explosion de l'usine AZF à Toulouse, BEH, N°38-39, pp. 185-192.
- INVS, (2006), *Conséquences sanitaires de l'explosion survenue à l'usine « AZF », le 21 septembre 2001*, Rapport final sur les conséquences sanitaires dans la population toulousaine, Ministère de la Santé et des Solidarités, 102 p.
- Jacquat, D., (2003), *Rapport d'information sur la crise sanitaire et sociale déclenchée par la canicule*, Assemblée Nationale, 59p.
- Jacques, J.M., Gatot, L., (1997), *De l'incident à la catastrophe : Un modèle organisationnel*, Urgences, Vol.16, pp.24-30.
- Joerin, F., (1997), *Décider sur le territoire, proposition d'une approche par l'utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritères*, Thèse de doctorat, Département de génie rural, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 220 p.

- Johannet A., Ayral P-A., Vayssade B., (2006, b), *Modelling non measurable processes by neural networks: forecasting underground's flow – A case study to the Cèze basin (Gard – France)*, International Joint Conferences on Computer, Information and Systems Sciences and Engineering, 4-14 December, Springer, 6 p.
- Johannet, A., (2006, a), *Les réseaux de neurones formels*, Polycopié de cours, Ecole des Mines d'Alès, 86p.
- Kanno, T., Furuta, K., (2006, b), *Modelling and simulation of inter-and intra-organisational communication and coordination in emergency response*, International Journal of Emergency Management, Vol. 3, N°2/3, pp. 149-167.
- Kanno, T., Morimoto, Y., Furuta, K., (2006,a), *A distributed multi-agent simulation system for the assessment of disaster management systems*, International Journal of Risk Assessment and Management, Vol.6, N°4/5/6, pp. 528-544.
- Kim T.Y., Oh, K.J., Sohn, I., Hwang, C., (2004), *Usefulness of artificial neural network for early warning system of economic crisis*, Experts Systems with applications, Vol. 26, pp. 583-590.
- Kincaid, J.P., Donovan J., Pettitt, B., (2003), *Simulation techniques for training emergency response*, International Journal of Emergency Management, Vol. 1, N° 3, pp. 238-246.
- Kirchsteiger, C., (1998), *Absolute and relative ranking approaches for comparing and communicating industrial accidents*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 59, pp. 31-54.
- Knabb, R.D., Rhome, J.R., Brown, D.P., (2005), *Tropical Cyclone Report, Hurricane Katrina*, National Hurricane Centre, décembre 2005, 43 p.
- Knerr, S., (1991), *Une méthode nouvelle de création automatique de réseaux de neurones pour la classification de données : Application à la reconnaissance de chiffres manuscrits*, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- Knerr, S., Personnaz, L., Dreyfus, G., (1992), *Handwritten digit Recognition by neural networks with single layer-training*, IEEE transactions on neural network, N°6, pp. 962-968.

- Korte, J., Aven, T., (2002), *On the use of risk analysis in different decision settings*, Lambda mu13- Esrel 2002, Européan Conference, pp. 175-180.
- Kovoor Misra, S., (1995), *A multidimensional approach to crisis preparation for technological organizations: some critical factors*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 48, N° pp. 143-160.
- Kovoor Misra, S., (1995), *A multidimensional approach to crisis preparation for technological organizations: some critical factors*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 48, N° pp. 143-160.
- Kovoor-Misra S., Zammuto, R.F. and Mitroff, I., (2000), *Crisis preparation in organizations: prescription versus reality*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 63, N° pp. 43-62.
- Kowalski-Ktrakofler, K., Vaught, C., (2003), *Judgement decision making under stress*, International Journal of Emergency Management, Vol. 1, N°3, pp. 278-289.
- Kuepper, G.J., (2005), *Emergency Disaster Management Report: Hurricane Katrina*, August 2005. Los Angeles, CA: Emergency and Disaster Management, Inc, 73 p.
- Kwiesielewicz, M., (1998), *A note on the fuzzy extension of Saaty's priority theory*, Fuzzy Sets and systems, Vol. 95, pp. 161-172.
- Lagadec, P., (1980), *Politique, risque et processus de développement, le risque technologique majeur*, Thèse de Doctorat, Université des Sciences Sociales, Grenoble II, 683 p.
- Lagadec, P., (1991), *La gestion des crises. Outils de réflexions à l'usage des décideurs*, Ediscience International, Paris, 326 p.
- Lagadec, P., (1997), *Learning from processes for crisis management in complex organizations*, Journal of Contingencies and Crisis management 5, pp. 24-31.
- Lagadec, P., (2000), *Ruptures créatrices*, Collection tendances, Editions d'organisation, 119p.
- Lagadec, P., Rosenthal, U., (2003), *Critical networks and chaos prevention in highly turbulent times*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 11, N°3, pp. 97-98.

- Lagadec, P., Laroche, H., (2005), *Retour sur les rapports d'enquête et d'expertise suite à la canicule de l'été 2003*, Cahiers du GOS Risques Collectifs et Situations de crise, Publication de la MSH-Alpes, 274 p.
- Lagadec, P., (2006), *The borderline of chaos*, Crisis Response, Vol. 2, N°3, pp.62-63.
- Lagadec, P., (2007), *Katrina: Examen des rapports d'enquêtes, Tome2: The Federal Response to Hurricane Katrina – Lessons learned* », The White House, Cahier n°2007-11, 1^{ère} version, 156 p.
- Lalande F ; Legrain S, Valleron A.J, Meyniel D ; Fourcade M; 2003, *Mission d'expertise et d'évaluation du système de santé pendant la canicule 2003*, Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées, septembre 2003, 61 p.
- Lalonde, C., (2003), *Configurations organisationnelles et gestion de crise*, Thèse de Doctorat, Ecole des hautes Etudes Commerciales, Université de Montréal, 221 p.
- Lalonde, C., (2004), *In search of archetypes in crisis management*, Journal of Contingencies and Crisis management, Vol. 12, N°2, pp. 76-88.
- Laroche, H., (1995), *Risques, crises et problématique de la décision dans les organisations, actes de la quatrième séance*, Programmes Risques collectives et situations de crise, 133p.
- Laroche, H., Nioche, J.P., (1994), *L'approche cognitive de la stratégie d'entreprise*, Revue Française de Gestion, Juin-Juillet-Août 1994, pp. 64-78.
- Lauenstein, GG., Kimbrough, K.L., (2007), *Chemical contamination of the Hudson-Raritan Estuary as a result of the attack on the World Trade Center: Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in mussels and sediments*, Marine Pollution Bulletin, Vol. 54, pp. 284-294.
- LavigneF., Paris, R., (2006), *Le tsunami du 26 décembre 2004 : chronologie et reconstitution de la catastrophe*, in Rapport scientifique du programme Tsunarisque (2005-2006), coordonnée par Lavigne, K., Paris, R.,
- Le Moigne, J.L., (1977), *La théorie du système général, Théorie de la modélisation*, Presses Universitaires de France, 330 p.

Le monde, attentats de Madrid, daté du 12 mars 2004, n°18391

Le monde, attentats de Madrid, daté du 13 mars 2004, n°18392

Le monde, Tsunami, datés du 28 décembre 2004 au 12 janvier 2005

Le monde, ouragan Katrina, Datés du 31 août au 16 septembre 2005

Lecoze, J.C., (2005), *Are organisations too complex to be integrated in technical risk assessment and current safety auditing?*, Safety Science, Vol. 43, pp. 613-638.

Lecoze, J.C., Lim, S., (2003), *Analyse organisationnelle de l'accident du 27 mars 2003 survenu à Billy Berclau sur le site de Nitrochimie*, Rapports final, MEDD/DPPR, 133 p.

Ledoux, B., (2003), *Estimation quantitative et qualitative des dommages économiques dans le Gard à la suite des inondations des 8 au 10 septembre 2002 – Cas des entreprises et de l'habitat des particuliers*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, Sous Direction de la Prévention des Risques Majeurs, 49 p.

Lepingle, F., (2003), *Intempéries en région parisienne les 4 et 5 janvier 2003*, Pré rapport de mission, Ministère de l'Equipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer, 17 p.

Lesca H., (1996), *Veille stratégique : Comment sélectionner les informations pertinentes. Concepts, méthodologie, expérimentation, résultats*, Colloque AIMS, Lille, 10pp.

Lesca, N., (2002), *Construction du sens ; le cas de la veille stratégique et de l'exploitation collectives des signes d'alerte précoce*, Thèse de doctorat, Université de Grenoble 2, 492 p.

Létard, V., Flandre, H., Lepeltier, S., (2004), *Rapport d'information fait au nom de la commission commune d'information « La France et les Français face à la canicule : les leçons d'une crise »*, Sénat, Séance du 3 février 2004, N°195, 395 p.

Levenberg, K., (1944), *A Method for the Solution of Certain Non-linear Problems in Least Squares*, Quartely Journal of Applied Mathematics II (2), pp. 164-168.

- Libaert, T., (2003), *Crise : 10 définition, 20 citations, 30 livres, 40 articles, 50 principes, 60 crises majeures, 70 mots clés, 80 questions*, Disponible sur www.communication-sensible.com, consulté le 08.01.2004, 30 p.
- Libération, daté du 12 mars 2004, première édition n° 7102.
- Libération, daté du 13 et 14 mars 2004, première édition n°7103.
- Libuser, C., Roberts, K., (1993), *HRO Hypotheses*, Disponible sur <http://www.highreliability.org/articles/Roberts%20and%20Libuser.pdf>, consulté le 08/08/2008.
- Lin Z., (2002), *The dynamics of inter-organizational ties during crises: empirical evidence and computational analysis*, Simulation Modelling practice and Theory, Vol. 10, N° pp. 387-415.
- Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques, naturels et la réparation des dommages, JORF n° 175 du 31 juillet 2003.
- Loi n° 2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la sécurité civile, JORF n°190 du 17 août 2004.
- Loosemore, M., (1998), *Organisational behaviour during a construction crisis*, International Journal of Project Management, Vol. 16, N° 2, pp. 115-121.
- Mac Connell, A., Drennan, L., (2006), *Mission impossible? Planning and preparing for crisis*, Journal of Contingencies and crisis management, Vol. 14, N°2, pp 59-70.
- Manion, M., Evan, W.M., (2002), *Technological catastrophes: their causes and prevention*, Technology in Society, Vol. 24, N° pp. 207-224.
- Manyena, S.B., (2006), *The concept of resilience revisited*, Disasters, Vol. 30, N° 4, pp. 433-450.
- Marquardt, D.W., (1963), *An Algorithm for Least-squares Estimation of Non-linear Parameters*, Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics 11 (2), pp. 431-441.

- Masozera, M., bailey, M., Kerchner, C., (2007), *Distribution of impacts of natural disasters across income groups: A case study of New Orleáns*, Ecological Economica, Vol. 63, pp. 299-306.
- Mayer, P., (1997), *Comprendre les organisations en crise*, Cahiers internationaux de sociologie, Vol. 102, N° pp. 59-83
- McEntire, D.A., (2003), *Searching for a holistic paradigm and policy guide: A proposal for the future of emergency management*, International Journal of Emergency Management, Vol. 1, N°3, pp. 298-308.
- Mendonça, D., (2007), *Decision support system for improvisation in response to extreme events: learning from the response to the 2001 World trade Center attack*, Decision support system, Vol. 43, pp. 952-967.
- Merad M.M., (2003), *Apports des méthodes d'aide multicritères à la décision pour l'analyse et la gestion des risques liés aux mouvements de terrain induits par les ouvrages souterrains*, Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine, 303 p.
- Michel-Kerjan, E (2003), *Risques catastrophiques et réseaux vitaux: de nouvelles vulnérabilités*, Flux - Cahiers scientifiques Internationaux Réseaux et Territoires, Vol. 51, Janvier - Mars, 20 p.
- Mintzberg, H., (1998), *Voyage au centre des organisations*, 5^{ème} Edition, Les Editions d'Organisations, 570 p.
- Mission interministérielle du Premier Ministre, (2000), *Evaluation des dispositifs de secours et d'intervention mis en œuvre à l'occasion des tempêtes des 26 et 28 décembre 1999*, juillet 2000, 24 p.
- Mitroff, I.I., Pauchant, T.C., Shrivastava, P., (1988), *The structure of man-made organizational crises: Conceptual and empirical issues in the development of a general theory of crisis management*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 33, N° 2, pp. 83-107.
- Monari, G., (1999), *Sélection de modèles non linéaires par leave-one-out. Etude théorique et application des réseaux de neurones au procédé de soudage par points*, Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.

- Morel, C., (2004), *Les décisions absurdes, Sociologie des erreurs radicales et persistantes*, Folio essais, 379p.
- Morin, E., (1976), *Pour une crisologie*, Communication, Vol. 25, pp. 149-163.
- Murphy, P., (2006), *Report into the London Terrorist Attacks on 7 July 2005, Intelligent and Security Committee*, Presented to Parliament By the Prime Minister By command of her Majesty, 45 p.
- Naslin, P., (1974). Rapport de conjoncture du CNRS, Automatique.
- Nerrand, O., Roussel-Ragot, P., Personnaz, L., Dreyfus, G., (1993), *Neural networks and non linear adaptive filtering: Unifying concepts and new algorithm*, Neural Computation, Vol. 5, N°99, pp. 165-197.
- Nesmith, E., (2006), *Defining disasters with implications for nursing scholarship and practice*, Disasters Management and Response, Vol. 4, N°2, pp. 59-63.
- Nicolet, R., (1999), *Pour affronter l'imprévisible Les enseignements du verglas de 1998, Commission scientifique et technique chargée d'analyser les évènements relatifs à la tempêtes de verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998*, Québec, Publications du Gouvernement du Québec, 442 p.
- Ody, K., (1995), *Facilitating the right decision in crisis: Supporting the crisis decision maker through analysis of their needs*, Safety Science, Vol. 20, pp. 125-133.
- Parkin, J., (1996), *Organizational decision making and the project manager*, International Journal of Project Management, Vol. 14, N°5, pp. 257-263.
- Pauchant T.C., Mitroff, I.I., (1990), *Crisis management: Managing paradox in a chaotic world*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 38, N° 2, pp. 117-134.
- Pauchant T.C., Mitroff, I.I., (1995), *La gestion des crises et des paradoxes: Prévenir les effets destructeurs de nos organisations*, Editions Québec/Amérique Inc., 296 p.
- Pauchant, T., Morin, E.M., (1996), *La gestion systémique des crises et la prévention de la contre production*, Revue Française de Gestion, pp. 90-99.

- Pearson, C.M., Kovoov-Misra, S., Clair, J.A., Mitroff, I.I., (1997), *Managing the Unthinkable*, Organizational Dynamics, Autumn, pp. 51-64.
- Perilhon, P., (2000), *Eléments méthodologiques*, Phoebus, N°12, Chapitre2, pp. 31-49.
- Perilhon, P., (2002), *Du risque à l'analyse de risque – Mosar-, Méthode organisée et systématique d'analyse du risque*, Cours de Mastère Sécurité Industrielle et Environnement, Ecole des Mines d'Alès, 177 p.
- Perriez, F., Cannard, P., Gastaud, J.P., Laurain, C., Prime, J.L., (2002), *Les crues des 8 et 9 septembre 2002 dans les départements de l'Ardèche, des Bouches-du-Rhône, de la Drôme, du Gard, de l'Hérault et de Vaucluse – Premières estimations des dommages*, Inspection Générale de l'Administration, République Française, Paris, Septembre 2002, 19 p.
- Perriez, F., Lepingle, F., Sauzey, P., Farran, P., (2003, a), *Rapport sur la prévention et le traitement des difficultés de circulation liées aux intempéries (neige et verglas en janvier 2003)*, Ministère de l'Intérieur, de la sécurité intérieure et des libertés locales, 50pp.
- Perriez, F., Cannard, P., Babre, S., Arnaud, M., Laurain, C., Prime, J.L., martin, G., Muller-Feuga, P., (2003, b), *Les crues des 1er au 5 décembre 2003 dans les regions Auvergne, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Midi Pyrénées, Provence-Alpes-Côtes-D'Azur et Rhône-Alpes, Premières estimations des dommages*, Inspection Générale de l'Administration, N°2010, 30 p.
- Perrow, C., (1999), *Normal Accident: Living with High-Risk Technologies*, Princeton University Press, 439 pp.
- Perry, R.W., Lindell, M., (2003), *Preparedness for emergency response: Guide-lines for the emergency planning process, disasters*, Vol. 27, N°4, pp 336-350.
- Personnaz, L., Rivals, I., (2003), *Réseaux de neurones formels pour la modélisation de commande et la classification*, CNRS Editions, 387 p.
- Peton-Klein, D., Peytavin, A., Vilain, G., Bernardot, M.J., Alidieres, S., Ormsby, J.N., Courtois, G., (2003), *Rapport de la mission sur les inondations de septembre 2002 dans le sud-est*, Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées, 117 p.

- Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger accident, (1986), *Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident June 6th, 1986*, Washington, D.C, Disponible sur <http://history.nasa.gov/rogersrep/51lcover.htm>, consulté le 27/08/2007,
- Presidential Commission on Critical Infrastructure Protection (PCCIP), (1997), *Critical foundations: protecting America's infrastructures*, in report of the Presidential Commission on Critical Infrastructure Protection, Government's Printing Office, Whashington DC, 192p. disponible sur <http://www.fas.org/sgp/library/pccip.pdf>, consulté le 19/09/2007.
- Quarantelli, E.L., Dynes, R.R., Haas, J.E., (1966), *Organizational functioning in disasters: A preliminary report*, Working paper, University of Delaware, Disaster Research Center, 46p.
- Quarantelli, E.L., (1990), *Similarities and differences in institutional responses to natural and technological disasters*, Preliminary paper, Disaster Research Center, Disponible sur <http://dspace.udel.edu:8080/dspace/bitstream/19716/519/3/PP147.pdf>, Consulté le 31/07/2007, 21p.
- Quarantelli, E.L., (1998, a), *Major criteria for judging disasters planning and managing and their applicability in developing societies*, Preliminary paper, Disaster Research Center, N°268, Disponible sur <http://dspace.udel.edu:8080/dspace/bitstream/19716/286/1/PP268.pdf>, consulté le 23/03/2004, 42p.
- Quarantelli, E.L., (1998, b), *Disaster planning, emergency management, and civil protection: The historical development and current characteristics of organized efforts to prevent and to respond to disasters*, Preliminary paper, Disaster Research Center 33 p.
- Quarantelli, E.L., (2000), *Emergency, Disasters and catastrophes are different phenomena*, Preliminary paper, Disaster Research Center, 5 p.
- Rake E.L., (2003), *Emergency management and decision making on accident scene: taxonomy, models and future research*, International Journal of Emergency Management, Vol. 1, N° 4, pp. 397-409
- Ramanathan, R., (2006), *Data development analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process*, Computers and Operations Research, Vol. 33, pp. 1289-1307.

- Reymann, M., (2002), *Rapport sur le projet de loi, adopté par le sénat, autorisant l'approbation de l'accord sous forme d'échange de lettres entre le Gouvernement de la République Française et le Gouvernement de la République Italienne relatif au contrôle de la circulations dans les tunnels du Mont-Blanc et du Fréjus*, Assemblée Nationale, n°3617, Paris, 17 p.
- Robert, B., (2003), *A New approach to crisis management*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 10, N° 4, pp. 181-191.
- Roberts, K., Van Stralen, D (2004), *Patient safety in an organisation systems Issues: Lessons from a variety of industries*, Prepared for Youngblood and M. Hatlie (Eds.) The patient safety handbook, Aspen Publication, disponible sur <http://www.highreliability.org/articles/Roberts%20and%20Yu%20Chapter.pdf>, Consulté le 08/08/2008.
- Rojot, J., (2005), *Théorie des organisations*, 2^{ème} édition, Editions ESKA, Paris, 541p.
- Rosenwald, G., (2002), *Les tempêtes de 1999 : Enseignement pour les assurés et les assureurs*, Annales des Mines, Août 2002, pp. 75-78.
- Roux-Dufort, C (2005), *A passion for imperfection: revisiting crisis management*, 65th Annual Academy of Management Meetings, Honolulu, Août 2005.
- Roux-Dufort, C., (1999), *Le naufrage du Car-Ferry « Herald of free enterprise ». une crise à double visage*, Annales des Mines, Juin 1999, pp 90-100.
- Roux-Dufort, C., (2003), *Gérer et décider en situation de crise. Outils de diagnostic de prévention et de décision*, 2^{ème} édition, Dunod, Paris, 243p.
- Roux-Dufort, C., (2007), *In crisis management (only) a management of exceptions?*, Journal of Contingencies and Crisis Management, Vol. 15, N°2, pp. 105-114.
- Roy, B., (1985), *Méthodologie multicritères d'aide à la décision*, 2 volumes, Economica, Coll.Gestion, Paris, 423p.
- Roy, B., (2000), *Réflexions sur le thème : Quête de l'optimum et aide à la décision*, Cahier du LAMSADE, N° 167, Université de Paris Dauphine, 32p.
- Rumelhart, D., Mc Clelland, J.L., (1989), *Parallel distributed processing*, MIT press, 611p.

- Saaty, T.L., (1984), *Décider face à la complexité – Une approche analytique multicritères d'aide à la décision*, Collection Université- Entreprise, Entreprise Moderne d'Édition, Paris, 232p.
- Saaty, T.L., Hu.G., (1998), *Ranking by eigenvector versus other method in the analytic hierarchy process*, Applied Mathematics Letters, Vol. 11, N°4, pp. 121-125.
- Sagan, S.D., (1994), *The limits of safety: Organizations, accidents and nuclear weapons*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Sanson, G., (2000), *Évaluation des dispositifs de secours et d'intervention mis en oeuvre à l'occasion des tempêtes des 26 et 28 décembre 1999*, Rapport d'étape de la mission interministérielle, Premier Ministre, Paris, 24 p.
- Sauvagnargues-Lesage S., Simonet C., (2004, a), *Retour d'expérience sur la gestion de l'événement de Septembre 2002 par les Services de Sécurité Civile*. La Houille Blanche, Vol. 6, pp. 1-7.
- Sauvagnargues-Lesage, S., Simonet, C., (2004, b), *Retour d'expérience sur la gestion de l'événement de septembre 2002 par les services de la Sécurité Civile*, Colloque SHF « Crues méditerranéennes », Nîmes, juin 2004.
- Sayegh, L., Anthony, W.P., Perrewé, P.L., (2004), *Managerial decision-making under crisis: the role of emotion in an intuitive decision process*, Human Resource management Review, Vol. 14, pp. 179-199.
- Secrétariat Général de la Défense Nationale, (2006), *La France face au terrorisme, Livre Blanc du gouvernement sur la sécurité intérieure face au terrorisme*, La documentation Française, Paris, 141 p.
- Seeger, M.W., (2002), *Chaos and crisis: propositions for a general theory of crisis communication*, Public Relations Review, Vol. 28, N° pp. 329-337.
- Seifert, J., (2002), *The effects of September 11, 2001, terrorist attacks on public and private information infrastructures: a preliminary assessment of lessons learned*, Government Information Quarterly, Vol. 19, pp. 225-242.

- Services Départemental d'Incendie et de Secours des Bouches du Rhône., (2004), *Retour sur les inondations de décembre 2003*, Disponible sur <http://web.sdis13.fr/Telechargements/Dossiers/InondationsArles.pdf>, Consulté le 27/09/2007, 42 p.
- Shrisvastava, P., Mitroff, I., Miller, D., Miglani, A., (1988), *Understanding industrial crises*, *Journal of Management Studies*, Vol. 25, N° 4, pp. 285-304.
- Shrisvastava, P., (1993), *Crisis theory/practice: towards a sustainable future*, *Industrial and Environment crisis Quaterly*, Vol. 7, N° 1, pp. 23-42.
- Shrisvastava, P., (1994), *Technological and organizational roots of industrial crises: Lessons from Exxon Valdez and Bhopal*, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 45, N° 3, pp. 237-253.
- Shrisvastava, P., (1995), *Industrial/environmental crises and corporate social responsibility*, *Journal of Socio-Economics*, Vol. 24, N° 1, pp. 211-227.
- Smith, W and Dowell, J., (2000), *A case study of co-ordinative decision making in disaster management*, *Ergonomics*, Vol. 48, N° 8, pp. 1153-1166.
- Société d'Ingenierie pour l'Eau et l'Environnement., (2005), *Inondations du Rhône et de ses principaux affluents de décembre 2003 en aval de Viviers dans les départements de la Drôme, de l'Ardèche, du Gard, du Vaucluse et des Bouches du Rhône*, Rapport pour le compte de la DIREN Languedoc-Roussillon, 62 p.
- Sommer, A., Pearson, C.M., (2006), *Antecedents of creative decision making in organizational crisis: A team-based simulation*, *Technological Forescating and Social Change*, doi:10.106/j.techfore.2006.10.2006.
- Stoppiglia, H., (1997) *Méthodes statistiques de sélection de modèles neuronaux ; applications financières et bancaires*"Thèse de Doctorat de l'Université Paris VI.
- Szegö, J., (1998), *Influence calculation for risk assessment in spatio temporeal terms. A new method for mapping risks for a dynamic human population*, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.61, pp.125-131.

- The Georges Washington University, (2002), *Observing and documenting the inter-organizational response to the September 11th attack on the Pentagon*, Institute for Crisis, Disaster, and Risk Management, Disponible sur <http://www.gwu.edu/~icdrm/publications/nsf911/index.html>, 17 p
- The National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States (2004), *The 9/11 commission report*, 585 p.
- The White House, (2006), *The federal response to hurricane Katrina, lessons learned*, 217 p.
- Therrien, M., (1995), *Interorganizational networks and decision making in technological disasters*, Safety Science, Vol. 20, pp. 101-113.
- Thouret, J.C., D'Ercole, R., (1996), *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales*, Cahier des Sciences Humaines, Vol. 32, N°2, pp. 407-422.
- Tixier, J., Dusserre, G., Salvi, O., Gaston, D., (2002), *Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 15, N° 4, pp. 291-303.
- Tixier, J., (2003), *Méthodologie d'évaluation du niveau de risque d'un site industriel de type Seveso, basée sur la gravité des accidents majeurs et la vulnérabilité de l'environnement*, Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille I, 259 p.
- Tixier, J., Tena-Chollet, F., Dusserre, G., Mangin, J.F., (2006. b). *A global approach of spatial risk assessment (GIS) of hydrocarbon transportation in the Ile de France region*, Safety and Reliability for Managing Risk, Proceedings of the European Safety and Reliability Conference 2006, Estoril, Portugal, 18-22 september 2006.
- Tremblay, J.N., Dautun, C., (2007), *Le caractère propre de la prise de décision, des méthodes et de l'organisation de la gestion de crise, en cours*.
- Tsoukiàs, A., (2003), *From decision theory to decision aiding methodology, my very personal version of history and some related reflections*, DIMACS Technical Report 2003-21, 38p.
- Turner, B.A., (1978), *Man-Made Disasters*, The Wykeham Science Series, Wykeham Publications, 1ère édition, London, 254 p.

- Vaidya, O.S., Kumar, S., (2006), *Analytic hierarchy process: An overview of applications*, European Journal of Operational Research, Vol. 169, pp. 1-29.
- Vaughan, D., (1999), *Technologie à hauts risques, organisations et culture : le cas de Challenger*, Actes de la quinzième séance, Programmes Risques collectives et situations de crise, 85 p.
- Vaughan, D., (2002), *Signals and interpretative work: the role of culture in a theory of practical action*, In Karen, A. Cerulo (Ed), *culture in mind : Toward a sociology of culture and cognition*, New York, Routledge, pp. 28-54.
- Vaughan, D., (2004), *Theorizing disaster: Analogy, historical ethnography and the Challenger accident*, Ethnography, Vol.5, N°3, pp.315-347.
- Vincke, P., (1998), *L'aide multicritères à la décision*, Editions de l'université de Bruxelles, Editions Ellipses, 179 p.
- Walliser, B., (1977), *Systèmes et modèles. Introduction critique à l'analyse de systèmes*, Editions du Seuil
- Webb, G.R., Chevreau, F.R., (2006), *Planning for improvise: The importance of creativity and flexibility in crisis response*, International Journal of Emergency Management, Vol. 3, N, pp. 66-72.
- Weems, C.F., Watts, S.E., Marsee, M.A., Taylor, L.K., Costa, n.M., Cannon, M.F., Carrion, V.G., Pina, A.A., (2007), *The psychosocial impact of Hurricane Katrina: Contextual differences in psychological symptoms, social support, and discrimination*, Behaviour Research and Therapy, Vol. 45, pp. 2295-2306.
- Weick, K.E., (1988), *Enacted sensemaking in crisis situation*, Journal of Management Studies, Vol. 25, N°4, pp. 305-317.
- Weick, K.E., (1990), *The vulnerable system: An analysis of the Tenerife Air Disaster*, Journal of Management, Vol. 16, N°3, pp. 571-593.
- Weick, K.E., (1993), *The collapse of sensemaking in organizations: The Mann Glush Disaster*, Administrative Science Quaterly, Vol. 38, N°4, pp. 628-652.

- Weick, K.E., (1995), *Sensemaking in organizations*, Sage Publications, Inc, 231 p.
- Weisaeth, L., Knudsen, O., (2002), *Technological disasters, crisis management and leadership stress*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 93, N° 1, pp. 33-45.
- Wissema, H. (2002), *Driving through red lights: How warning signals are missed or ignored*, Lange Range Planning, Vol. 35, pp. 521-539.
- Wybo, J.L., (1998), *Command centers and emergency management support*, Safety Science, Vol. 30, pp. 131-138.
- Wybo, J.L., Godfrin, V., Colardelle, C., Guinet, V., Denis Remis, C., (2003), *Méthodologie de retour d'expérience des actions de gestion des risques*, Rapport final, Convention MATE 07/2001, Ministère de l'Ecologie et du développement Durable, 215 p.
- Wybo, J.L., (2004), *Mastering risks of damage and risks of crisis: The role of organizational learning*, International Journal of Emergency management, Vol. 2, N°1-2, pp. 22-34.
- Wybo, J., Latiers, M., (2006), *Exploring complex emergency situations dynamic: theoretical, epistemological and methodological proposals*, International Journal of Emergency Management, Vol. 3, N° 1, pp. 40-51.
- Xu Z., (2000), *On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP*, European Journal of Operational Research, Vol. 126, N° pp. 653-687.
- Yamada, S., Gunatilake, R.P., Roytman, T.M., Gunatilake, S., Fernando, T., Frenando, L., (2006), *The Sri Lanka Tsunami experience*, Disaster Management and response, Vol. 4, N°2, pp. 38-48.
- Yannou, B., 2002, *La pondération des objectifs ou des budgets avec la méthode TCMC*, 14p., disponible sur <http://www.mktools.com/articles/Technologie%202002%20-%20Yannou.pdf>, consulté le 10.10.2007.
- Yao B.K., Lasm T., Ayral P-A., Johannet A., Kouassi A.M., Assidjo E., Biemi J., (2007), *Optimization of Multi-layers Perceptrons models with algorithms of first and second order. Application to the modelling of the relation rainfall-rainoff of Bandama Blanc River north of Côte d'Ivoire*, European Journal of Science and Research, 23 p. Accepted

Zimmermann, H.J.,(2000), *An application-oriented view of modeling uncertainty*, European Journal of Operational Research, Vol. 122, pp. 190-198.

Zimmerman, R., (2004), *Decision-making and the vulnerability of interdependent critical infrastructure*, CREATE Report, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 5p, disponible sur <http://www.usc.edu/dept/create/assets/001/50758.pdf>.

Liste des annexes

Partie I

Annexe I-1 : L'exercice européen Euratech

Annexe I-2 : Les inondations de 2005

Annexe I-3 : L'accident du tunnel du Mont Blanc, le 24 mars 1999

Annexe I-4 : Le naufrage du pétrolier Erika, le 12 décembre 1999

Annexe I-5 : Les tempêtes Martin et Lothar des 26 et 28 décembre 1999

Annexe I-6 : Les attentats terroristes du 11 septembre 2001

Annexe I-7 : L'explosion de l'usine AZF le 21 septembre 2001

Annexe I-8 : Les inondations de septembre 2002 dans le Gard

Annexe I-9 : Les attentats terroristes à Madrid, le 11 mars 2004

Annexe I-10 : Les attentats terroristes à Londres, le 12 juillet 2005

Annexe I-11 : Les ouragans Katrina et Rita en août 2005

Partie II

Annexe II-1 : Le crash du Concorde, le 25 juillet 2005

Annexe II-2 : Les intempéries de neige dans le nord de la France en janvier 2003

Annexe II-3 : Les explosions de Buncefield

Annexe II-4 : Cotation des retours d'expérience

Annexe II-5 : Structuration hiérarchiques, matrices de comparaison binaires et fonctions d'évaluation

Annexe II-6. Exemple de questionnaire - Crise industrielle

Table des Matières

Liste des figures	- 7 -
Liste des tableaux	- 10 -
Annotations utilisées	- 13 -
 Introduction générale	 - 15 -
 PARTIE I : LA GESTION DES CRISES. FORMULATION DES PROBLEMATIQUES ET APPORTS CONCEPTUELS	 - 15 -
 Chapitre 1 : Contexte et formulation des problématiques	 - 17 -
 Introduction	 - 18 -
1.1. Risques majeurs, accidents et gestion des risques	- 18 -
1.1.1. Les risques majeurs et les nouvelles menaces	- 18 -
1.1.1.1. Les risques majeurs	- 18 -
1.1.1.2. Des nouvelles menaces...	- 20 -
1.1.1.3. ...et de nouvelles vulnérabilités	- 21 -
1.1.2. Du risque à l'accident	- 21 -
1.1.3. La gestion des risques et des crises	- 22 -
1.2. La Sécurité Civile : au centre de la réponse d'urgence	- 24 -
1.2.1. L'organisation générale des secours en France.	- 24 -
1.2.1.1. L'échelon européen	- 25 -
1.2.1.2. L'échelon national	- 25 -
1.2.1.3. L'échelon zonal	- 26 -
1.2.1.4. L'échelon départemental	- 27 -
1.2.1.5. L'échelon communal	- 27 -
1.2.2. Les moyens opérationnels	- 28 -
1.2.3. Les différents dispositifs en fonction de la gravité de la situation	- 29 -
1.3. De la théorie à l'opérationnel : illustration par deux observations	- 30 -
1.3.1. Les observations de terrain	- 30 -
1.3.1.1. L'exercice Européen Euratech	- 30 -
1.3.1.2. Les inondations de septembre 2005 dans le Gard	- 30 -
1.3.2. Description du fonctionnement du Centre Opérationnel de Défense	- 31 -
1.3.2.1. Des missions diverses	- 32 -

1.3.2.2.	et un travail coordonné ...	- 35 -
1.3.2.3.	...mais des problématiques récurrentes	- 36 -
1.4.	Formulation des problématiques de recherche	- 37 -
1.4.1.	L'amont des crises : la prévention, la planification et l'apprentissage	- 37 -
1.4.2.	La gestion des crises	- 38 -
1.4.3.	L'après crise ou la conduite du retour d'expérience	- 38 -
1.4.4.	Démarche de recherche	- 38 -
 Chapitre 2 : Du terrain du risque au terrain de la crise.		 - 41 -
	Introduction	- 42 -
2.1.	Du concept de risque au concept de crise	- 42 -
2.1.1.	Etymologie du terme crise	- 42 -
2.1.2.	Les caractéristiques des crises dans les définitions	- 43 -
2.1.3.	Des définitions synthétiques des crises	- 44 -
2.1.3.1.	Les crises organisationnelles	- 44 -
2.1.3.2.	Les crises résultantes d'un désastre ou d'une catastrophe	- 45 -
2.1.4.	Des essais de typologies des crises	- 45 -
2.1.5.	Synthèse	- 48 -
2.2.	Comment naissent, se développent et meurent les crises ?	- 50 -
2.2.1.	Une vision de la crise selon une approche de type évènement	- 50 -
2.2.1.1.	L'évènement déclencheur et l'environnement de crise	- 50 -
2.2.1.2.	Les conséquences de la crise sur les populations.	- 51 -
2.2.1.3.	Synthèse des éléments importants pour comprendre les crises de type évènement	- 52 -
2.2.2.	La vision processus de crise	- 53 -
2.2.2.1.	La phase de fonctionnement dite normale (Etape 1)	- 54 -
2.2.2.2.	La phase des signaux avertisseurs ou période d'incubation (Etape 2)	- 55 -
2.2.2.3.	La matérialisation du risque et le début de la crise (Etape 3 et 4)	- 56 -
2.2.2.4.	La phase de réponse (Etape 5)	- 57 -
2.2.2.5.	Le retour à une situation normale et les réajustements managériaux (Etape 6 et 7)	- 57 -
2.2.3.	Synthèse	- 57 -
2.3.	L'organisation à l'origine des crises	- 59 -
2.3.1.	La complexité des organisations	- 59 -
2.3.1.1.	La complexité des systèmes socio techniques	- 59 -
2.3.1.2.	La multidimensionnalité des organisations	- 61 -
2.3.2.	Une déviance des actions collectives	- 62 -

2.3.3. Des facteurs organisationnels comme amplificateur de la crise	- 63 -
2.3.4. L'effondrement du sens	- 65 -
2.4. Structuration des organisations	- 67 -
2.4.1. L'apport de la théorie de la contingence	- 67 -
2.4.2. L'approche configurationnelle des organisations	- 70 -
2.5. Organisation et processus de décision	- 72 -
2.5.1. Les modèles de décisions	- 72 -
2.5.1.1. L'approche classique de la décision ou le modèle rationnel	- 72 -
2.5.1.2. Le modèle de la rationalité limitée	- 73 -
2.5.1.3. Le modèle organisationnel de la décision	- 73 -
2.5.1.4. Le modèle cognitif de la décision	- 74 -
2.5.1.5. Le modèle de l'évitement : modèle de décision en situation de crise.	- 74 -
2.5.1.6. Le modèle générique de Nioche adapté à la gestion de crise	- 75 -
2.5.2. Le processus de prise de décision en situation de crise	- 75 -
2.5.2.1. Le processus classique de décision	- 76 -
2.5.2.2. Le processus intuitif de décision	- 76 -
2.5.3. Impacts des facteurs de contingence sur l'individu le groupe et l'organisation	- 78 -
2.5.3.1. Perception et représentation de la crise : le préalable aux décisions et aux actions.	- 78 -
2.5.3.2. L'impact du stress	- 80 -
2.5.3.3. Incertitude, complexité et ambiguïté.	- 81 -
Conclusion - Synthèse	- 83 -

Chapitre 3 : Que nous apprennent les événements de ces dix dernières années ?

- 85 -

Introduction	- 86 -
3.1. Synopsis de quelques accidents et crises passés.	- 86 -
3.1.1. L'accident du tunnel du Mont Blanc	- 86 -
3.1.2. Le naufrage du pétrolier Erika en décembre 1999	- 86 -
3.1.3. Les tempêtes Martin et Lothar de décembre 1999	- 87 -
3.1.4. Les attentats terroristes du 11 septembre en 2001	- 87 -
3.1.5. L'explosion de l'usine AZF en septembre 2001	- 87 -
3.1.6. Les inondations de septembre 2002	- 88 -
3.1.7. La canicule de l'été 2003	- 88 -
3.1.8. Les attentats terroristes de Madrid en mars 2004	- 89 -
3.1.9. Le tsunami en Asie, le 26 décembre 2004	- 89 -

3.1.10. Les attentats terroristes de Londres en juillet 2005	- 89 -
3.1.11. Les ouragans Katrina et Rita en août 2005	- 90 -
3.2. L'origine de ces situations : les facteurs de contingence situationnelle	- 91 -
3.2.1. La localisation de la source de danger et la spatialité de la zone impactée	- 91 -
-	
3.2.2. Le moment de survenue de l'évènement déclencheur	- 91 -
3.2.3. La simultanéité des événements déclencheurs	- 92 -
3.2.4. La présence d'effet domino ou de sur-accidents	- 93 -
3.2.5. Les conditions météorologiques	- 93 -
3.3. Les conséquences de ces situations au niveau des communautés	- 94 -
3.3.1. Les difficultés humaines	- 94 -
3.3.1.1. L'expérience antérieure face aux crises des populations	- 94 -
3.3.1.2. Les facteurs sociétaux	- 94 -
3.3.1.3. Des problématiques liées à des bilans humains lourds	- 94 -
3.3.1.4. Les comportements des populations	- 95 -
3.3.2. Le contexte politique et historique en tant que facteur de vulnérabilité	- 95 -
3.3.3. Des difficultés environnementales	- 95 -
3.3.4. Les réseaux vitaux	- 96 -
3.4. Des problématiques organisationnelles et managériales	- 97 -
3.4.1. Les phases de préparation, de planification et d'apprentissage organisationnel.	- 97 -
3.4.1.1. La prévention des risques, la planification des crises : un constat d'échec	- 97 -
-	
3.4.1.2. L'expérience antérieure et la connaissance des phénomènes	- 97 -
3.4.2. La détection des signaux avertisseurs et l'alerte des populations	- 98 -
3.4.3. La mobilisation des moyens et la réponse opérationnelle.	- 99 -
3.4.3.1. De nombreux problèmes techniques	- 99 -
3.4.3.2. Des problèmes d'information, de communication et de coordination.	- 100 -
3.4.3.3. De nouvelles procédures dans l'urgence ou comment improviser ?	- 100 -
Conclusion - Synthèse	- 101 -
 Chapitre 4 : Comment améliorer la gestion des crises ?	 - 103 -
Introduction	- 104 -
4.1. Le concept de résilience	- 104 -
4.2. Améliorer la prévention et la planification des crises	- 105 -
4.2.1. Introduire de la créativité dans les analyses de risques, des menaces et des vulnérabilités territoriales.	- 105 -

4.2.2. Prendre en compte les vulnérabilités organisationnelles	- 106 -
4.2.3. Flexibilité et improvisation dans la planification	- 106 -
4.3. Améliorer l'apprentissage organisationnel	- 107 -
4.3.1. L'apprentissage organisationnel	- 107 -
4.3.2. Des exercices et des simulations	- 108 -
4.3.3. Les retours d'expérience	- 109 -
Conclusion - Synthèse	- 110 -

PARTIE II : DEFINITION D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION POUR ANTICIPER ET GERER DES CRISES DE GRANDE AMPLEUR 111

Chapitre 5 : Les crises de grande ampleur : Définition et approche systémique

	- 113 -
Introduction	- 114 -
5.1. La crise de grande ampleur – Définition	- 114 -
5.2. Représenter la crise selon une approche systémique	- 115 -
5.2.1. Le paradigme systémique	- 115 -
5.2.1.1. Le premier niveau d'abstraction : le système	- 115 -
5.2.1.2. Le second niveau d'abstraction : le modèle	- 117 -
5.2.2. Représentation du système global de crise : de l'état initial à l'état de crise.	- 119 -
5.2.2.1. Le système global de crise : premier niveau de représentation (modèle 1)	- 119 -
5.2.2.2. L'Etat initial : modèle 2	- 122 -
5.2.2.3. L'état de crise de grande ampleur : modèle 3	123
5.3. Evaluation des modèles	- 126 -
5.3.1. Le modèle MADS	- 126 -
5.3.2. Ciblage des informations pour évaluer le système général (Modèle 1)	- 126 -
5.3.3. Ciblage des informations pour l'évaluation de l'état initial (Modèle 2)	- 128 -
5.3.3.1. Le contexte	- 128 -
5.3.3.2. Le territoire	- 129 -
5.3.4. Ciblage des informations pour l'évaluation de l'état de crise (Modèle 3)	- 133 -
	-
5.3.4.1. L'évènement déclencheur	- 133 -
5.3.4.2. Les conséquences sur les enjeux	- 134 -
5.3.4.3. Les organisations	- 135 -
5.3.4.4. Les facteurs aggravants	- 135 -

5.3.5. Synthèse	- 138 -
5.4. Le système de veille stratégique du territoire : définition et objectifs	- 140 -
Conclusion - Synthèse	- 141 -
 Chapitre 6 : L'aide à la décision. Méthodes et outils	 - 142 -
Introduction	- 143 -
6.1. L'aide à la décision : pourquoi, pour qui et comment ?	- 143 -
6.1.1. Pourquoi l'aide à la décision en gestion des crises ?	- 143 -
6.1.2. Pour qui ? Les acteurs et les décideurs	- 144 -
6.1.3. Comment faire de l'aide à la décision : méthodes et outils.	- 146 -
6.1.3.1. Les différentes méthodes de décision multicritères	- 146 -
6.1.3.2. Les outils de modélisation	- 148 -
6.2. La méthode de décision multicritères de Saaty	- 148 -
6.2.1. Principes généraux	- 148 -
6.2.2. Définition du problème, des objectifs et des parties prenantes	- 149 -
6.2.3. Décomposition hiérarchique du problème complexe en éléments simples-	150
6.2.4. Comparaison de chaque élément à l'aide de matrice de comparaison binaire-	152 -
6.2.5. Collecte des appréciations afin de développer l'ensemble des matrices	- 153 -
6.2.6. Synthèse des appréciations (Agrégation)	- 154 -
6.2.6.1. Agrégation des Jugements Individuels (AJI)	- 155 -
6.2.6.2. Agrégation des Priorités Individuelles (API)	- 155 -
6.2.7. Détermination des priorités des éléments (Pondération des éléments)	- 155 -
6.2.8. Evaluation de la cohérence des jugements des experts	- 157 -
6.3. Les réseaux de neurones	- 158 -
6.3.1. La classification	- 158 -
6.3.2. Les neurones formels : définition et propriétés	- 159 -
6.3.1.1. Les neurones formels statiques	- 160 -
6.3.1.2. Les neurones formels dynamiques	- 161 -
6.3.3. Architecture des réseaux de neurones	- 161 -
6.3.3.1. Les réseaux de neurones non bouclés ou réseau statique	- 162 -
6.3.3.2. Les réseaux de neurones bouclés ou réseaux dynamiques	- 163 -
6.3.3.3. Propriété fondamentale des réseaux de neurones : l'approximation universelle parcimonieuse	- 164 -
6.3.4. La notion d'apprentissage	- 165 -
6.3.4.1. Apprentissage supervisé/ non supervisé	- 165 -
6.3.4.2. La fonction coût	- 166 -

6.3.4.3. Règles d'apprentissage ou algorithmes de minimisation de l'erreur des réseaux multicouches	- 166 -
6.3.5. La généralisation	- 167 -
6.3.5.1. Le leave one out	- 167 -
6.3.5.2. L'early Stopping	169
6.3.6. Réalisation d'un classifieur	169
Conclusion - Synthèse	170
 Chapitre 7 : Mise en place de la méthode d'aide à l'anticipation et la gestion des crises de grande ampleur	 - 172 -
Introduction	- 173 -
7.1. Principes généraux de la méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur	- 173 -
7.2. Les échelles d'évaluation du système de crise	- 174 -
7.2.1. L'indicateur évènement déclencheur	- 175 -
7.2.1.1. Les crises industrielles	- 175 -
7.2.1.2. Les crises naturelles	177
7.2.1.3. Les crises terroristes	177
7.2.2. L'indicateur conséquences	- 179 -
7.2.2.1. Les conséquences humaines	- 179 -
7.2.2.2. Les conséquences environnementales	- 180 -
7.2.2.3. Les conséquences sur les réseaux vitaux	- 180 -
7.2.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 181 -
7.2.4. Les facteurs aggravants	- 181 -
7.3. Création de la base de données	- 181 -
7.3.1. Présentation des retours d'expérience	- 181 -
7.3.1.1. L'accident du Concorde	- 182 -
7.3.1.2. L'accident de transport de matières dangereuses sur l'autoroute A9	- 183 -
7.3.1.3. Les intempéries 4-5 janvier 2003	- 183 -
7.3.1.4. Les inondations de 2003 dans les Bouches du Rhône	- 184 -
7.3.1.5. L'accident de Buncefield au Royaume Unis	- 184 -
7.3.2. Quantification des retours d'expérience	- 185 -
7.3.3. Cotation des retours d'expérience selon l'avis d'expert	- 185 -
7.4. Définition du potentiel de crise au travers de l'utilisation de la méthode de Saaty	- 186 -
7.4.1. Le potentiel de crise	- 186 -
7.4.2. L'indicateur évènement déclencheur	- 189 -
7.4.2.1. Les crises industrielles	- 189 -

7.4.2.2. Les crises naturelles	- 190 -
7.4.2.3. Les crises intentionnelles	- 191 -
7.4.2.4. Les facteurs aggravants	- 192 -
7.4.3. L'indicateur conséquences sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux	- 192 -
7.4.3.1. Les enjeux humains	- 193 -
7.4.3.2. Les enjeux environnementaux	- 193 -
7.4.3.3. Les réseaux vitaux	- 194 -
7.4.3.4. Les facteurs aggravants	- 196 -
7.4.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 196 -
7.4.4.1. Le Centre Opérationnel de Défense	- 196 -
7.4.4.2. Les organisations de terrain	- 197 -
7.4.4.3. Les facteurs aggravants relatifs aux organisations	- 197 -
7.4.5. L'indicateur vulnérabilité initiale du territoire.	- 198 -
7.4.6. Mise en place du recueil d'experts.	- 198 -
7.5. Définition du potentiel au travers de l'utilisation des réseaux de neurones.	- 200 -
7.5.1. Les réseaux de neurones classifieurs	- 200 -
7.5.2. Constitution des données d'entrée et de sortie	- 200 -
7.5.2.1. Définition des entrées	- 200 -
7.5.2.2. Les données de sortie	- 201 -
Conclusion - Synthèse	- 202 -
 PARTIE III : APPLICATION, RESULTATS ET ANALYSES	 - 204 -
 Chapitre 8 : Evaluation du potentiel de crise par la méthode de hiérarchisation multicritères de Saaty	 - 206 -
Introduction	- 207 -
8.1. Traitement des questionnaires, pondérations et cohérence	- 207 -
8.1.1. Analyse des questionnaires	- 207 -
8.1.2. Etablissements des pondérations	- 208 -
8.1.3. Calcul des ratios de cohérence	- 208 -
8.2. Présentation des pondérations	- 208 -
8.2.1. Les crises industrielles	- 208 -
8.2.1.1. Le potentiel de crise	- 208 -
8.2.1.2. L'indicateur événement déclencheur	- 209 -
8.2.1.3. L'indicateur conséquences globales	- 214 -
8.2.1.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 215 -

8.2.1.5. Les facteurs aggravants organisationnels,	- 216 -
8.2.2. Les crises naturelles	- 216 -
8.2.2.1. Le potentiel de crise	- 216 -
8.2.2.2. L'indicateur évènement déclencheur	- 217 -
8.2.2.3. L'indicateur conséquences globales	- 217 -
8.2.2.4. Indicateur capacité de réaction des organisations	- 219 -
8.2.2.5. Les facteurs aggravants	- 220 -
8.2.3. Les crises terroristes	- 220 -
8.2.3.1. Le potentiel de crise	- 220 -
8.2.3.2. L'indicateur évènement déclencheur	- 221 -
8.2.3.3. L'indicateur conséquences globales	- 221 -
8.2.3.4. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 223 -
8.2.3.5. Les facteurs aggravants	- 224 -
8.3. Quantification du potentiel de crise	- 225 -
8.3.1. Les crises industrielles	- 225 -
8.3.1.1. L'indicateur évènement déclencheur	- 225 -
8.3.1.2. L'indicateur conséquences globales	- 226 -
8.3.1.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 227 -
8.3.1.4. Les facteurs aggravants	- 227 -
8.3.1.5. Le potentiel de crise	- 228 -
8.3.2. Les crises naturelles	- 230 -
8.3.2.1. Indicateur évènement déclencheur	- 230 -
8.3.2.2. L'indicateur conséquences	- 230 -
8.3.2.3. Indicateurs capacité de réaction des organisations	- 231 -
8.3.2.4. Les facteurs aggravants	- 232 -
8.3.2.5. Le potentiel de crise	- 233 -
8.3.3. Les crises terroristes	- 234 -
8.3.3.1. L'indicateur évènement déclencheur	- 234 -
8.3.3.2. L'indicateur conséquences	- 235 -
8.3.3.3. L'indicateur capacité de réaction des organisations	- 236 -
8.3.3.4. Les facteurs aggravants	- 236 -
8.3.3.5. Le potentiel de crise	- 237 -
8.4. Qualification du potentiel de crise	- 238 -
8.4.1. Les crises de grande ampleur	- 240 -
8.4.2. Les crises conventionnelles	- 241 -
8.4.3. Les accidents majeurs	- 242 -
8.4.4. Les incidents	- 243 -
8.5. Limites et perspectives	- 244 -
Conclusion	- 245 -

Chapitre 9 : Evaluation du potentiel de crise par les réseaux de neurones - 246 -

Introduction	- 248 -
9.1. Les réseaux de neurones comme classifieur à deux classes	- 248 -
9.1.1. Architecture 1 : les crises de grande ampleur et les autres	- 250 -
9.1.2. Architecture 2 : séparation des classes deux à deux	- 251 -
9.1.2.1. Apprentissage et généralisation pour les classes un et deux : incident et accident majeur	- 252 -
9.1.2.2. Apprentissage et généralisation pour les classes un et trois.	- 254 -
9.1.2.3. Apprentissage et généralisation pour les classes un et quatre	- 255 -
9.1.2.4. Apprentissage et généralisation pour les classes deux et trois.	- 255 -
9.1.2.5. Apprentissage et généralisation pour les classes deux et quatre	- 256 -
9.1.2.6. Apprentissage pour les classes trois et quatre.	- 256 -
9.2. Les réseaux de neurones multicouches	- 258 -
9.2.1. Architecture 3 : une couche cachée et une sortie	- 259 -
9.2.1.1. Choix du modèle optimal – Résultats du Leave One out	- 259 -
9.2.1.2. Résultat de l'apprentissage	- 260 -
9.2.1.3. Estimation de la performance du classifieur	- 261 -
9.2.2. Architecture 4 : quatre fois une couche cachée et une sortie	- 263 -
9.2.2.1. Choix du modèle optimal – Résultats du leave one out	- 264 -
9.2.2.2. Estimation de la performance du classifieur : généralisation	- 265 -
9.3. Limites et perspectives des réseaux de neurones	- 267 -
Conclusion - Synthèse	- 268 -

Chapitre 10 : Le potentiel de crise : Synthèse des résultats, limites et perspectives- 270 -

Introduction	- 271 -
10.1. Comparatif de deux approches	- 271 -
10.2. Représentation en trois dimensions des potentiels de crise	- 274 -
10.2.1. Indicateurs événement déclencheur, conséquences globales et capacité de réaction des organisations	- 274 -
10.2.2. Le comportement du système général de crise	- 276 -
10.3. Limites de la méthode d'aide l'anticipation et à la gestion des crises	- 278 -
10.4. Perspective de développement de la méthode d'aide à la gestion des crises et conclusion	- 279 -
Conclusion générale et perspectives	- 282 -

Bibliographie	- 288 -
Liste des annexes	- 315 -

Résumé

Face à l'augmentation du nombre de catastrophes et de crises de type naturel, industriel ou intentionnel, les organisations gestionnaires doivent renforcer leurs pratiques afin d'augmenter leur résilience. Les objectifs de ce travail de recherche sont d'une part, améliorer la connaissance sur les situations de crise et d'autre part, développer une méthode d'aide à la décision à l'attention des acteurs de la Sécurité Civile afin d'anticiper et gérer une crise de grande ampleur. Ce travail se compose de trois parties. La première est axée sur l'amélioration de la connaissance de ces situations en se basant à la fois sur des observations de terrains et des retours d'expérience ainsi qu'un état de l'art bibliographique. La seconde partie propose une définition de la crise de grande ampleur et une modélisation systémique du processus conduisant à l'émergence de ces situations extrêmes. Elle pose également les bases théoriques de la méthode de veille stratégique du territoire en s'appuyant sur deux outils d'aide à la décision qui sont la méthode de décision multicritère de Saaty et les réseaux de neurones de type classifieur. Par le biais de cette méthode, les gestionnaires de crise pourront qualifier la situation en présence soit d'incident, soit d'accident majeur, soit de crise conventionnelle ou bien de crise de grande ampleur. Enfin, la troisième partie est consacrée à l'application et la démonstration de la faisabilité des deux méthodes définies précédemment afin d'établir le potentiel de crise de dix-huit retours d'expérience.

Mots clés : crises de grande ampleur, Sécurité Civile, facteurs aggravants, aide à la décision, réseaux de neurones, modélisation.

Abstract

Faced with the increasing of natural, industrial and terrorist's disasters and crisis, the organisations must improve their practices to increase their resilience. In this aim, the objective of this work is, firstly the increase of knowledge on these situations, and on the other hand, the development of a decision making aid process to anticipate and forecast a large scale crisis for the actors of the civil protection. This work is composed of three parts. The first focus on the improvement of knowledge on the base of real cases and lessons learnt observations and a state of the art. The second part proposes a definition and a systemic modelling of the large scale crisis. It defines, in theory, the decision making aid process based on two methods that are the analytical hierarchical process of Saaty and the artificial network. Finally, the third part is allotted to the application of the two approaches in the aim to evaluate the crisis potential of eighteen lessons learnt.

Keywords: Large scale crisis, civil protection, aggravating factors, decision making aid process, artificial network.

Annexes

Sommaire des annexes

Partie I

Annexe I-1 : L'exercice européen Euratech	-324-
Annexe I-2 : Les inondations de 2005.....	-325-
Annexe I-3 : L'accident du tunnel du Mont Blanc, le 24 mars 1999.....	-326-
Annexe I-4 : Le naufrage du pétrolier Erika, le 12 décembre 1999.....	-329-
Annexe I-5 : Les tempêtes Martin et Lothar des 26 et 28 décembre 1999.....	-331-
Annexe I-6 : Les attentats terroristes du 11 septembre 2001.....	-334-
Annexe I-7 : L'explosion de l'usine AZF le 21 septembre 2001.....	-336-
Annexe I-8 : Les inondations de septembre 2002 dans le Gard.....	-339-
Annexe I-9 : Les attentats terroristes à Madrid, le 11 mars 2004	-342-
Annexe I-10 : Les attentats terroristes à Londres, le 12 juillet 2005.....	-343-
Annexe I-11 : Les ouragans Katrina et Rita en août 2005	-344-

Partie II

Annexe II-1 : Calcul du ratio de cohérence – méthode de Saaty.....	-346-
Annexe II-2 : Le crash du Concorde, le 25 juillet 2005.....	-346-
Annexe II-3 : Les intempéries de neige dans le nord de la France en janvier 2003.....	-347-
Annexe II-4 : Les explosions de Buncefield.....	-348-
Annexe II-5 : Cotation des retours d'expérience	-349-
Annexe II-6 : Structuration hiérarchiques, matrices de comparaison binaires et fonctions d'évaluation	-367-
Annexe II-7 . Exemple de questionnaire - Crise industrielle	-381-

L'exercice européen Euratech

Le mardi 12 avril 2005, à 8h30, un accident ferroviaire s'est produit à la gare de triage de Portes-Lès-Valences à 10km au sud de Valence. Un train de matières dangereuses composé de 7 wagons déraile en gare de Portes-Lès-Valences. Ce incident provoque le déversement de carburant liquide qui s'enflamme automatiquement provoquant un BLEVE du wagon. Des incendies secondaires apparaissent sur les autres wagons. Au même moment, un train OMNIBUS n°17779 en provenance de Lyon-Perrache passant à proximité des wagons, déraile à son tour entraînant de nombreuses victimes. Les infrastructures et les habitations environnantes sont également touchées.

Bilan des victimes

Vers 9h15, le DSM¹⁹ fait état d'environ 1000 personnes impliquées dont 700 blessés. 600 personnes sont hospitalisées dans les hôpitaux de la région, des ambulances et des hélicoptères de la sécurité civile participent au transfert des victimes vers les hôpitaux de la région 41 blessés légers, 46 blessés graves dont 20 allemands et 26 français ont été dénombrés. Les blessés ont été évacués par un avion européen médicalisé de type airbus, stationnant à l'aérodrome de Chabeuil vers les hôpitaux étrangers et les 26 français sont évacués par avion sanitaire Transal Hercules sur Paris. 10 décédés sont dénombrés à la suite de cette collision. 1500 personnes sont évacuées vers des centres d'accueil dont 2 écoles et un collège.

Mise en place de l'organisation des secours

A 8h46, le plan rouge est déclenché du fait de l'implication de nombreuses victimes. Le plan rouge, le PSS²⁰ TMD²¹, le PSS transport ferroviaire sont activés à 11h. BLEVE de la citerne 7, fuite de diméthylchlorosilane sur la citerne 8, fuite de chlore provenant de la citerne 3, matières présentes dans le wagon 4 de nature inconnue dans les premières heures, reconnaissance par binômes Risque Chimique. Compte tenu de la présence de matières dangereuses, le Préfet fait procéder à l'évacuation de la population et des habitations environnantes. L'accueil des populations est assuré par la mairie de Portes-Lès-Valences à la salle Georges Brassens. Environ 1 500 personnes sont concernées. L'évacuation doit se faire à pied et un bus passera prendre en charge les personnes à mobilité réduite. Elle durera environ 1heure. 550 sapeurs pompiers dont 350 de la Drôme et 80 véhicules sont engagés. Des renforts européens ont été demandés. 11 tchèques (unité de décontamination), 15 italiens (équipes médicales et logistiques), 20 allemands (spécialistes dans la détection et l'échantillonnage de produits chimiques) et 21 sapeurs pompiers belges (équipes de détection et d'obturation) ont participé à l'accident. 150 policiers et 50 gendarmes ont été déployés sur zone.

Les conditions météorologiques étaient clémentes.

L'autoroute A9, la nationale 7 et la départementale 7 ont été coupées provoquant d'interminables embouteillages sur les axes secondaires.

Le premier Ministre, en Meeting à Lyon, s'est rendu sur place vers 14 heures afin de se rendre compte de la situation et de constater le travail des secouristes.

¹⁹ DSM : Directeur des Soins Médicaux

²⁰ PSS : Plan de Secours Spécialisé

²¹ TMS : Transport de Matières Dangereuses

Les Inondations de septembre 2005

Le mardi 6 septembre 2005, à 10h39, le Centre Météorologique Interrégional d'Aix en Provence lance un bulletin concernant de fortes précipitations et des orages sur les départements de l'Aude, du Gard, de l'Hérault, de la Lozère, des Alpes Maritimes, des Bouches du Rhône, du Var, du Vaucluse, de la Corse du Sud et de la Haute Corse. La vigilance sur les départements du Gard et de l'Hérault passe du niveau orange au niveau rouge. Le centre prévoit :

Extrait du bulletin n° 0609SE05 du mardi 6 septembre à 11h26.

« Des pluies orageuses fortes continuent d'affecter l'est de l'Hérault et l'ouest du Gard. Ces précipitations ont tendance à stationner. Sur ces zones, il est tombé ponctuellement plus de 150 mm en quelques heures. »

« Hérault Gard : On va conserver tout au long de la journée des précipitations orageuses marquées sur l'Hérault et le Gard. Le paroxysme est attendu pour ce soir et la nuit de mardi à mercredi. Sur ces départements, les cumuls deviendront particulièrement importants : souvent de l'ordre de 200/300 mm, ponctuellement plus de 400 mm y compris dans les zones de plaine. »

Ces informations laissent présager un épisode orageux de type septembre 2002.

L'accident du tunnel du Mont Blanc

Le tunnel du Mont Blanc est l'un des grands tunnels routiers du monde. Il est long de 11 600 mètres et relie les réseaux autoroutiers français et italiens à travers les Alpes. 7 640 mètres de chaussées se situent sur le territoire français et 3 960 sur le territoire italien. La gestion du tunnel a été confiée à deux sociétés d'exploitation, la ATMB²² du côté français et la SITMB²³ du côté italien. Chaque partie prenante était concessionnaire de la moitié du tunnel.

Les consignes de sécurité à appliquer en cas d'incendie repose sur un texte commun de mai 1985. Ce texte prévoit en cas d'alerte que le contrôleur du poste de commande qui le premier détecte l'incident déclenche l'alerte et prend le commandement des opérations de secours. L'organisation des premiers secours des exploitations est mise en place uniquement sur la plate-forme française. Elle prévoit une équipe de 6 sapeurs-pompiers professionnels fonctionnant selon une permanence de 3 fois 8 heures et de 6 surveillants motocyclistes travaillant selon le même principe permettant ainsi la présence permanente à l'entrée française du tunnel d'un pompier et d'un surveillant prêts à intervenir pour toute alerte. L'effectif minimum des personnes présentes en permanence est donc de 4 personnes en tenant compte des péagers. Concernant les plans de secours, il n'existait pas de plan de secours commun franco-italiens, chaque pays disposant d'un plan de secours spécialisé.

Circonstances de l'accident

Le 24 mars 1999, aux environs de 10 heures, le trafic du tunnel du Mont Blanc est moyennement dense (dans le sens France-Italie, de 9 heures à 10 heures, 163 véhicules ont été enregistrés dont 85 poids lourds et dans le sens Italie-France, 140 véhicules dont 73 poids lourds). A 10h53, l'opérateur français, puis à 10h54 l'opérateur italien détectent la présence de fumée à l'intérieur du tunnel. A 10h54, l'alerte est déclenchée par le poste de régulation et à 10h55, les accès au tunnel dans les deux sens sont fermés.

L'évènement déclencheur

L'incendie d'un camion frigorifique belge transportant 12 tonnes de margarine et 8 tonnes de farine est à l'origine de l'incendie. Le camion s'est embrasé totalement et la ventilation naturelle a repoussé les fumées toxiques en direction de la France. Des manœuvres différentes opérées par les opérateurs français, qui extrayaient les fumées, et les opérateurs italiens, qui accroissaient le soufflage dans un premier temps, ont accru le mouvement de l'air et des fumées en direction du côté français du tunnel. Plusieurs véhicules se sont ensuite embrasés. La puissance du foyer a sans doute dépassé les 300 M Watts.

Les conséquences humaines, environnementales et matérielles.

24 poids lourds, 9 véhicules légers et une moto ont été détruits. 39 victimes sont à dénombrer. Le tunnel est fortement endommagé et il n'a été réouvert à la circulation que le 1 mars 2003.

L'organisation des secours

Les premiers secours publics arrivent à 10h57 (délais normaux à la suite de l'alerte) sur les lieux du sinistre suivis de peu par les renforts.

Quatre phases principales d'intervention des secours sont établies selon les retours d'expériences :

²² ATMB : Autoroute et Tunnel du Mont Blanc.

²³ SITMB : Società Italiana per il Traforo del Monte Bianco.

1) Le blocage des moyens de secours par les fumées dans la première demi-heure de l'incendie

Les moyens de secours privés et publics sont entrés dans le tunnel quelques minutes après l'alerte afin d'éteindre l'incendie. Ils n'ont pu parvenir jusqu'au camion et n'ont donc pu attaquer l'incendie dans la demi heure de son déclenchement.

Les équipes françaises (pompiers de Chamonix et équipes d'ATBM) sont bloquées en quatre points différents du tunnel (2700m et 4800m pour la première équipe et 750m et 1200m pour la seconde).

Les secours ne pourront s'approcher du sinistre à cause d'un mur de fumées noires et seront donc bloqués dans des refuges. Une deuxième opération se met en place : sauver le personnel bloqué dans les refuges.

2) L'évacuation des usagers, et le sauvetage des pompiers

Tous les moyens de secours disponibles sont mobilisés afin de sauver les personnes prises au piège à l'intérieur du tunnel. Vers 11 heures, 12 conducteurs de poids lourds sont évacués coté italien. Le plan de secours spécialisé ainsi que le plan rouge ont été déclenchés respectivement à 13h04 et 13h35. Deux postes de commandement sont rapidement mis en place : un PC fixe, installé en préfecture à 14 heures soit 3h 00 après l'alerte, un PC opérationnel dans les locaux d'ATBM, dirigé par le sous Préfet de Bonneville. Un Poste Médical Avancé (PMA), armé par des personnels du SAMU et du SDIS, a été installé sur les lieux du sinistre.

A noter que le plan de secours italien n'a pas été déclenché par le Président de la Région du Val d'Aoste. Un plan de sauvetage périlleux est mis en place : un cheminement par les gaines d'air afin de libérer le personnel.

Dans l'après midi, aucune information concernant le nombre de personnes présentes dans le tunnel n'était disponible. Vers 19h00, 17 secouristes français sont évacués soit une durée totale de sauvetage de 5 heures. Quatorze pompiers sont évacués à l'hôpital de Chamonix et un sous-officier décédera peu après son évacuation.

A 15h00, les moyens de secours étaient composés de 26 véhicules et de 98 sapeurs pompiers. Quatre départements ont été mobilisés auxquels se sont rajoutés des renforts humains et matériels provenant du bataillon des marins pompiers de Marseille et des pompiers de Genève.

3) Les tentatives successives pour éteindre l'incendie

Le mercredi soir, dès la fin des opérations de sauvetage, différentes tentatives d'approches pour éteindre le feu se succèdent. Face à l'intensité de la chaleur et des fumées, plusieurs tentatives seront vaines.

4) La maîtrise de l'incendie.

Ce n'est que le vendredi 26 mars vers 16h, soit 53 heures après le déclenchement que le sinistre a été maîtrisé en procédant au refroidissement des voûtes et de l'atmosphère à l'aide de brumisateurs.

Les facteurs aggravants.

La rapidité de l'embrasement du semi-remorque est à noter car cela constitue un élément déterminant dans l'ampleur de la catastrophe. L'incendie s'est développé avec une telle puissance que les véhicules de sécurité, qui sont intervenus dans des délais analogues à ceux

constatés pour des cas précédent d'incendie, n'ont pu approcher suffisamment du feu pour intervenir.

L'après midi du mercredi, ni les autorités publiques, ni les responsables des pompiers ne disposaient d'information sur la possibilité d'avoir des usagers encore présents dans le tunnel (Rapport commun).

Facteurs aggravants d'ordre organisationnels.

Le PCO avait été installé dans des conditions sommaires et ne disposait pas de moyens de communications autonomes directs permettant une liaison avec le PC italiens.

Il a été noté également un défaut de port d'appareils respiratoires par les sapeurs-pompiers du premier fourgon d'intervention ce qui a probablement provoqué la mort d'un sous officier.

Les moyens humains et matériels ont été correctement dimensionnés pour cette intervention mais du fait des conditions même de l'intervention, ils n'ont pu être mis en œuvre. Les conditions d'intervention étaient particulièrement difficiles : visibilité nulle, température très élevée, fonctionnement difficile des moteurs des véhicules en raison d'un manque d'oxygène. Les secours ont atteint leurs limites du fait des paramètres énumérés précédemment. Le rapport Duffé (1999, a) conclut que à une absence de pompiers professionnels relevant de l'exploitant et à une dissymétrie de l'organisation

L'accident du tunnel du Mont Blanc a révélé une absence de rigueur dans les mesures de sécurité (Reymann, 2002) :

- inadaptation des consignes de sécurité ;
- insuffisante coordination des deux sociétés exploitantes ;
- inexistantes d'une galerie de sécurité permettant l'évacuation des voyageurs.

Le naufrage du pétrolier Erika en décembre 1999

Le pétrolier maltais, l'Erika, transportant 30 900 tonnes de fuel se brise à 70 kilomètres de Penmarc'h le 12 décembre 1999 au large du Finistère.

Circonstances de l'évènement

Le 11 décembre à 12h40 : le tanker envoie un premier message au Centre Régional de Sauvetage et de Secours en mer pour signaler des difficultés (gîte anormale). Les conditions météorologiques sont très mauvaises avec des vents d'ouest de force 8 à 9 et des creux de 6 mètres.

Le 12 décembre à 6h00 : le CROSS reçoit l'appel de détresse à 6h05 du tanker signalant un grave problème de structure et demandant l'évacuation des 26 hommes à bord. Dès réception du message de détresse, le CROSS engage les moyens nautiques et aériens.

A 18h00 : le Préfet maritime de Brest déclenche le plan POLMAR. Le sauvetage de l'équipage a été un des plus dangereux de ces dernières années du fait de mauvaises conditions météorologiques alors même que le navire se cassait en deux. L'intervention de six hélicoptères dont deux britanniques a été nécessaire pour le sauvetage de l'équipage.

Le 13 décembre à 14h45 : la poupe de l'Erika a coulé à 120 mètres de fond avant que le remorquage ne fût possible déversant 11 000 à 16 000 tonnes de pétroles dans l'Atlantique.

Le 15 décembre : trois zones de pollutions sont visibles. Les opérations de pompage débutent.

Nuit du 25 au 26 décembre : les premières nappes de pétrole arrivent sur les côtes françaises poussées par l'ouragan qui traverse la France, soit 10 jours après le naufrage. Près de 400 kilomètres de côtes du Finistère sud à la Loire Atlantique ont été touchées. Les Préfets des cinq départements affectés par cette pollution ont déclenchés les plans POLMAR-terre le 22 décembre en Vendée et en Charente Maritime et le 24 décembre dans le Finistère, le Morbihan et la Loire Atlantique.

Les conséquences humaines

Aucune victime n'est à déplorer hormis 6 hommes d'équipage légèrement blessés.

Les conséquences environnementales

La récupération et le sauvetage de dizaine de milliers d'oiseaux mazoutés sont organisés. 300 000 oiseaux et 150 hectares de parc à huîtres ont été touchés par cet événement. Le nettoyage manuel a permis l'enlèvement de plus de 120 000 tonnes de déchets.

Les conséquences matérielles.

Les dommages s'élèvent à 12 millions de dollars (navire et marchandises) et les opérations de neutralisation sont estimées à 500 millions de francs.

Mise en place de l'organisation des secours.

1900 pompiers sont intervenus pour nettoyer les plages ainsi que des agents de la Direction Départementale de l'Équipement et de nombreux bénévoles. Ces opérations ont mobilisé jusqu'à 3 000 personnes au début de la crise et en juin 2000 près de 900 personnes étaient présentes sur le site. Ce nettoyage manuel a permis l'enlèvement de plus de 120 000 tonnes de

déchets. Les contributions des armées et de la sécurité civile au nettoyage ont été essentielles pour prêter main forte aux bénévoles et personnels communaux. L'effectif moyen a été de 1 500 hommes soit 14 compagnies (10 de l'armée de terre, 2 de l'armée de l'air et 2 de la marine). Ces unités ont été relevées tous les 15 jours. 300 hommes des UIISC ont été engagés sur le plan POLMAR-terre.

Des incertitudes sur le produit n'ont été levées que le 5 février 2000 par second avis de l'AFSSA.

Les différents acteurs (élus, services chargés de la dépollution, associations, bénévoles) ont été surpris et désorientés du fait des lieux d'atterrissage et de la consistance du produit.

Quelques constats soulignés dans les retours d'expérience consultés

« Une organisation défaillante en dépit d'une réglementation précise (Battut, p17) »

« [...] incertitude et surtout des controverses sur les lieux et les dates d'atterrissage des nappes de fiouls, la préparation des administration a souffert (Battut, p18) ».

« La région Bretagne, mieux préparée car possédant une « culture » de la marée noire acquise à la suite de dix pollutions par hydrocarbures [...] a semble-t-il mieux organisé les opérations. »

« Au niveau national, l'ampleur de la pollution a provoqué des incertitudes chez les pouvoirs publics : cinq départements et trois régions simultanément touchées. (Battut, p18) »

« L'impréparation à terre, le manque de moyens, de lieux de stockage des déchets, l'incapacité à encadrer le travail des nettoyages des plages et ...les déclarations désordonnées des administrations envers les médias ont laissés se développer une impression de manque de maîtrise des événements »

« Les administrations ont agi de façon trop cloisonnée, chacune selon sa propre logique. »

« Le dévouement des personnes a été exemplaire ».

Facteurs aggravants

- Non mise à jour des plans (plus de 19 ans pour certains) (personnes responsables, numéros de téléphones, dispositions relatives aux zones à protéger). Certaines mesures d'urgence ont été repensées dans l'urgence.

- Un exercice avait eu lieu quelques semaines auparavant à la limite des départements de Vendée et de Loire Atlantique se révélant inutile au moment venu.

- Moyens non opérationnels

- Multitudes d'interlocuteurs peu préparés à faire face à une pollution et peu entraînés à coordonner leur action.

- Absence d'autorité unique.

Les tempêtes Martin et Lothar en décembre 1999

Au lendemain des fêtes de Noël et à quelques jours du passage en l'an 2000, la France métropolitaine a subi deux ouragans extrêmes. Le dimanche 26 et dans la nuit du 27 au 28 janvier, deux tempêtes assimilées à des ouragans de par la violence des vents, ont traversé la France d'ouest en est, provoquant des dégâts importants.

L'évènement déclencheur

Le premier ouragan dénommé « Lothar » a traversé très rapidement le nord de la France le dimanche matin. Cette dépression a touché le Finistère vers 2h00 et a atteint Strasbourg aux environs de 11h00 en se déplaçant à une vitesse de 100km/h.

La zone des vents les plus violents a balayé une bande d'une largeur de 150 km environ touchant la Bretagne, le sud de la Normandie, la région centre, l'Ile de France, le nord de la Bourgogne, la Champagne Ardenne, la Lorraine et l'Alsace.

Une deuxième dépression dénommée « Martin » a traversé le pays dans la nuit du 27 au 28 décembre 1999. La dépression a suivi une ligne allant de Nantes à Strasbourg. Les régions les plus touchées se situent sous une ligne allant de la Rochelle à Macon y compris la côte Méditerranéenne.

Ainsi, ces deux ouragans ont épargné très peu de départements puisque au moins deux tiers des départements ont été touchés, 77 départements ont eu suffisamment de dégâts pour que soit mis en place des régimes d'indemnisations et 69 départements ont fait l'objet d'un arrêté de catastrophe naturelle.

Les tempêtes se sont déplacées avec une vitesse moyenne de 100km/h avec des rafales de vents allant jusqu'à 198km/h à Oléron et 173km/h à Orly ce qui permet d'assimiler ces deux évènements déclencheurs à des ouragans (Niveau 12) selon l'échelle de Beaufort.

Les prévisions de Météo France ont permis une annonce 24 heures à l'avance de la tempête du 26 décembre. Les bulletins régionaux d'Alerte Météorologique annonçant des vents allant de 90 à 130km/h dans les terres et de 150km/h sur les côtes, ont été diffusés aux services compétents en fin de matinée du 25 décembre. Les prévisions du second ouragan ont également été correctement effectuées par Météo France puisque les bulletins d'alerte ont été émis dès le lundi 27 décembre à 9h03.

Les conséquences humaines.

92 personnes ont été tuées et environ 2 000 autres ont été blessées lors de ces intempéries particulièrement à la suite de chutes d'arbres sur les habitations, d'écrasement de véhicules mais également à la suite d'opérations de sauvetage. Ce chiffre s'est progressivement alourdi si l'on prend en compte les victimes qui sont survenues lors d'opérations ultérieures de réparations et de mise en état (40 personnes).

Les conséquences environnementales

500 000 hectares de peuplement forestier soit 3,3% des 15 millions d'hectares de la superficie totale de la France ont été complètement détruits.

Les conséquences matérielles

Le coût financier dépasse largement les 15 milliards d'euros. Tous les grands réseaux ont été touchés mais plus particulièrement celui du transport et de la distribution d'électricité. 3,5 millions d'abonnés sont restés privés d'électricité au plus fort de la crise. La mise en état des différents réseaux s'élève à :

Réseau routier national	61 millions d'euros
Réseau routier départemental et communal	15 millions d'euros
Réseau ferroviaire	15 millions d'euros
Voies navigables	12 millions d'euros
Infrastructures aéronautiques	0,78 millions d'euros
Réseau d'électricité	170 millions d'euros
Réseau de télécommunication	73 millions d'euros

Les tempêtes n'ont touché que 3% des écoles, mais 35% des collèges et 45% des lycées du secteur public et 578 établissements privés.

3 400 000 clients ont été privés d'électricité. Jusqu'à 1 million de lignes téléphoniques interrompues, 400 000 pour des raisons mécaniques et le reste par non-alimentation (1/6^{ème} du parc de France Telecom). 3 millions d'entreprises et d'habitations privées ont été touchées. 2,5 millions de personnes ont été privées d'eau potable et de traitement des eaux usées. Les 2/3 des réseaux ferrés ont été affectés. Le patrimoine des collectivités publiques et de l'État n'a pas été épargné par ces tempêtes.

Mise en place de l'organisation des secours.

Les secours ont été engagés assez rapidement sur le terrain. La montée en puissance a été immédiate sur place mais un peu plus longue au niveau des échelons supérieurs. La gestion de la crise a été rendue délicate de par des conditions difficiles d'interventions et d'évaluation de la situation et également de l'émergence de nombreuses difficultés :

- *la gravité de la situation* a été difficilement évaluée dans les premières heures de la crise du fait de la coupure des communications de toute nature et d'un contexte hivernal difficile (brouillard rendant impossible le décollage des hélicoptères, gel, boue, neige, inondations.) Au niveau départemental, les PC de crise ont été mis en place rapidement ; une analyse des délais d'installation des structures opérationnelles a démontré une qualité de réflexe de bon niveau ainsi qu'une capacité d'appréciation rapide de la gravité de la situation. Il est à noter que les cellules de crises n'ont été correctement dimensionnées que 24 heures après les intempéries du fait du manque d'information.

- *la définition des priorités de secours et d'allocation de ressources* en matériels disponibles s'est heurtée à des capacités locales vite dépassées. Les services de secours sont également été confrontés à des difficultés pour intervenir en extrême urgence compte tenu des dangers liés à ce type d'aléa. D'autres difficultés ont émergé notamment :

- le rappel du personnel nécessaire et l'organisation du PC de crise et des équipes d'intervention (vacances scolaires et lendemain de jour de Noël),
- la hiérarchisation des priorités au regard de la simultanéité des urgences et des appels en détresse.
- *l'échelle géographique* des problèmes rencontrés était un facteur aggravant de la gestion au niveau central. Certaines zones d'Etat Major ne disposaient pas de structures adéquates pour apporter une aide aux dispositifs départementaux. Au plan national, le COAD

et le COIA ainsi que les cellules de crise des grands opérateurs se sont fortement impliqués avec toutefois une certaine pesanteur initiale qui a été compensée ensuite par la montée en puissance institutionnelle déployée. Le pilotage interministériel et politique d'ensemble a également été mis en place rapidement.

Des moyens considérables, à la hauteur des enjeux, ont été déployés. L'essentiel du potentiel des sapeurs pompiers et du personnel de la sécurité civile a été employé au niveau local comme au niveau national traduisant "***l'absence de marges résiduelles de manœuvre en cas de crise aggravée.***" Dans les 70 départements sinistrés, 150 000 pompiers correspondant à 90 % des effectifs totaux de ces départements sont intervenus. La réserve de la sécurité civile a été utilisée : hélicoptères supplémentaires provenant de 14 bases différentes, un soutien aux préfectures par des personnels d'état major à travers la mise en place de "mission d'appui en situation de crise." Les établissements de soutien opérationnel logistique ESOL ont apportés des groupes électrogènes, des bâches, des tronçonneuses et des motopompes. L'ensemble des personnels des UIISC a également été envoyé dans différents départements sinistrés. Les colonnes de renfort n'ont représenté que 259 hommes par jour en décembre et 388 hommes par jour en janvier. L'apport des UIISC n'a pas dépassé 555 hommes par jour en décembre et 576 hommes par jour en janvier soit une moyenne de 13 hommes par jour et par département. 8 500 militaires par jour ont également été mis à disposition des secours.

Autres constats :

- une montée en puissance efficace sur le terrain, un peu plus lente aux échelons supérieurs ;
- des difficultés pour se rendre compte de la gravité de la situation du fait des moyens de transmissions souvent coupés ;
- un manque de préparation des secours à travailler dans des conditions extrêmes a été souligné ;
- la connaissance du terrain et des uns et des autres a été primordiale.

Les attentats terroristes du 11 septembre 2001

L'évènement déclencheur

A 8h45 AM, le mardi 11 septembre 2001, un avion de la compagnie American Airline en partance de Boston, est détourné par un groupe de terroristes et s'écrase dans la tour nord du complexe du World Trade Center. L'évènement apparaît dans les premiers instants isolé. Immédiatement, les pompiers et les policiers de New York se précipitent sur la scène de l'accident. Or, 18 minutes plus tard, à 9h03 AM, sous l'œil des médias et relayé au niveau international, un second avion s'écrase dans la tour sud du complexe provoquant une énorme explosion. Les aéroports du pays sont aussitôt fermés (9h17). A 9h43 AM, un troisième avion s'écrase sur les bâtiments du Pentagone. A 10h10 AM, le vol n° 93 en provenance de Newark et à destination de Pittsburgh s'écrase à Somerset County. Approximativement au même moment, la tour sud du complexe du WTC s'effondre complètement. 28 min. plus tard, la tour nord s'écroule également. 2 830 personnes dont 343 pompiers et 78 policiers sont à dénombrer parmi les victimes. L'attaque du Pentagone et le crash de l'avion à Pittsburgh ont coûté la vie à 329 personnes.

Les conséquences humaines et environnementales

Les chiffres officiels font état de 6 268 blessés directs (base de données, FRS, 2006).

Le nombre de personnes impliquées dans ces attaques et par hypothèse supérieur à 10 000 personnes.

En effet, aux chiffres mentionnés précédemment doit s'ajouter les 8 000 survivants ou les personnes habitant à proximité du lieu de la catastrophe du World Trade Center, qui ont été exposés dans les jours et les semaines qui ont suivi, à des particules contaminantes (fioul, amiante, fumées, débris de verre et de papier...) mais qui ont également subis un stress post traumatique (Brackbill, 2006).

D'un point de vue environnemental, ces attaques coordonnées n'ont pas provoqué de dégâts majeurs sur l'environnement puisque qu'elles ont eu lieu principalement en zone urbanisée hormis pour le crash de l'avion n°93 qui s'est écrasé à Somerset County, en pleine campagne. A noter que l'écroulement des deux tours a provoqué une dispersion de matériaux et de polluants au dessus de Manhattan. Le panache initial a été dispersé dans toutes les directions à partir de Ground Zero puis s'est évacué vers le sud en direction de Brooklin et de l'estuaire de l'Hudson sans provoquer une augmentation de la pollution des sédiments dans l'estuaire (Lauenstein, 2007).

Les conséquences sur les réseaux vitaux

Les attaques ont provoqué majoritairement des dégâts aux structures bâtimentaires.

Les deux attaques coordonnées ont percuté les tours nord et sud du complexe du WTC, en plein cœur de Manhattan à New York. Un troisième immeuble adjacent s'est également écroulé quelques heures après les attaques. Le WTC logeait et était entouré d'importantes entreprises. La destruction du WTC a occasionné la rupture des opérations d'affaires qui étaient essentielles pour les milieux financiers, les transports et les communications.

Les attaques terroristes ont eu des répercussions sur les infrastructures essentielles.

Concernant les attaques proférées contre le Pentagone, il est difficile de déterminer les impacts sur les continuités des opérations gouvernementales en raison de l'interdiction de divulgation entourant cette question de sécurité nationale.

Par convention, seuls les dégâts résultants des attaques du WTC seront pris en compte dans l'évaluation du potentiel de crise.

L'explosion de l'usine AZF en septembre 2001

Le 21 septembre 2001 vers 10 heures, une forte détonation retentit à Toulouse. Entre 20 et 120 tonnes de résidus de nitrate d'ammonium détonent en masse dans l'usine de la Grande Paroisse entraînant des effets dévastateurs sur le site et sur l'environnement. La France n'avait pas connu un tel accident depuis l'après guerre.

10h17 : un stockage de 300 à 400 tonnes de nitrates d'ammonium explose. L'usine est située dans une zone industrielle au sud de l'Agglomération à 3 kilomètres du centre ville. Elle emploie 469 personnes et elle relève de la directive SEVESO 2.

10h20 : un nuage de poussières et de fumées rouges (oxyde d'azote et ammoniac) se dirige vers le centre ville.

10h30 : localisation du site de l'explosion.

10h40 : déclenchement du plan rouge et du plan particulier d'intervention de l'usine.

Les conséquences humaines et sociales.

266 employés et 100 agents d'entreprise sous traitantes sont présentes sur le site. De nombreuses victimes sont à déplorer : 21 sur le site, 1 sur le site SNPE et 8 personnes à l'extérieur (dont 2 en milieu hospitalier) tuées lors de l'explosion ou dans les jours qui suivirent ; 29 blessés graves dont 21 resteront hospitalisés plus d'un mois, 2242 personnes au 17 octobre 2001 sont recensées comme ayant été hospitalisées. Plus de 8 000 personnes ont consulté leur médecin généraliste pour un stress aigu post traumatique (SAPT) dans les semaines qui suivirent l'explosion, 5000 personnes ont commencé un traitement psychotrope. Aux nombreux traumatismes psychiques et psychologiques subis par la population se sont ajoutées des perturbations sociales importantes liées à la destruction et à la dégradation de nombreux bâtiments et équipements collectifs, au chômage technique ou la perte d'un emploi.

Les conséquences environnementales

L'explosion a provoqué la destruction de certains réservoirs de solution de nitrate d'ammonium et des fuites d'acide nitrique provoquant une pollution des eaux de la Garonne et une mortalité piscicole importante pendant plusieurs jours.

Les conséquences économiques

Les dégâts provoqués par l'explosion sont importants :

Sur le site : une grande partie des 70 hectares de l'usine a été dévasté.

A l'extérieur :

- dans la zone de dégâts majeurs (3 kilomètres de diamètre) : zones industrielles et commerciales endommagées, lycées et université touchés ainsi qu'un hôpital psychiatrique.

- dans la zone de dégâts mineurs (6 kilomètres de diamètres) : nombreux dégâts au niveau des toitures, des murs et des vitres dans les quartiers populaires de Toulouse (27 000 logements dont 11 300 détruits et 12 000 familles à reloger (40 000 sans abris), 6 343 entreprises et 7 000 personnes sans travail), le CHU de Rangueil endommagé.

- dans la zone de destruction limité (11 kilomètres de diamètre) : nombreux dommages aux fenêtres, centre ville et autres hôpitaux touchés ainsi que des bâtiments publics.

Les dommages consécutifs à l'explosion de l'usine AZF ont été évalués entre 1,5 et 2,3 milliards d'euros.

Mise en place de l'organisation des secours

Dans les 6 premiers jours, 1430 personnes ont été mobilisées : 460 pompiers de Haute Garonne, 620 pompiers d'autres départements et 350 militaires des UIISC, 50 médecins, 32 infirmiers et plus de 80 ambulanciers.

Quotidiennement, 5 à 600 personnes de la police nationale et 13 compagnies de CRS se sont relayées du 21 septembre au 3 octobre pour surveiller les accès et assurer une protection contre les pillages. La gestion de cette crise a mobilisé également 350 gendarmes et un escadron de 80 gendarmes mobiles pour la circulation, les renforts et les convois sanitaires.

A souligner que de nombreux bénévoles se sont ajoutés afin d'aider les professionnels de l'urgence. 1400 bénévoles de la Croix Rouge avec 50 véhicules, 1 poste de commandement et 1 centre opérationnel sont venus prêter main forte aux sapeurs pompiers et au SAMU.

Les problèmes rencontrés

Les transmissions.

- *Problème de localisation du site* : les premiers engins ont été envoyés à une mauvaise adresse pensant qu'un attentat avait eu lieu au centre ville.

- *Le réseau téléphonique* (hertzien ou filaire) a été coupé et ceci pendant environ 10 minutes. Vers 16heures, les communications vers l'extérieur ont été rétablies. Ceci a fortement perturbé l'organisation initiale du SDIS 31 car son réseau radio a également été saturé pour d'autres raisons techniques :

- il a été impossible d'appliquer un ordre complémentaire de transmission dans les premiers instants car la dimension de l'événement n'avait pu être analysée.

- les liaisons radio des différents chantiers ont été perturbées pour cause de saturation des ressources radioélectriques disponibles. Le pas de fréquence de 12.5 kHz est apparu comme étant trop étroit pour une intervention d'une telle importance.

L'engagement des premiers secours

Les véhicules se heurtent à une circulation bloquée et croisent de nombreuses victimes ensanglantées (le périphérique intérieur se situe à quelques mètres du lieu du sinistre). Les engins arrivent sur le site avec leurs pneumatiques crevés du fait de la présence de nombreux débris.

Les renforts

12 heures après l'explosion, près de 300 véhicules et 900 sapeurs pompiers étaient présents sur le site mais les premières heures, du fait de l'absence de transmission, le département de Haute Garonne a reçu en aveugle les différentes colonnes de renfort lesquelles n'ont pas été utilisées au maximum car elles n'étaient pas formatées. Par conséquent, la gestion des moyens s'est faite de manière individuelle.

Le secours aux personnes

De nombreux lieux ont présenté des rassemblements spontanés de victimes. Devant l'étendue du sinistre, une nouvelle stratégie de gestion des victimes a été instaurée : l'avant a été peu médicalisé et la prise en charge des victimes a été concentrée sur le Poste Médical Avancé (situé à environ 2 kilomètres de l'explosion). Entre 11h30 et 19h30, 30 Urgences Absolues, 154 Urgences relatives et 75 à 100 patients sont passés au PMA soit environ 10% des victimes.

Les inondations de septembre 2002

Le département du Gard et dans une moindre mesure les départements de l'Hérault, du Vaucluse, des Bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme ont subi du dimanche 8 septembre 2002 au lundi 9 septembre une succession de deux épisodes orageux qui ont entraînés des crues torrentielles exceptionnelles. Dans l'édition du monde daté du 12 septembre 2002, Météo France indique que « la durée, l'intensité et l'étendue géographique font de cet épisode le plus important jamais enregistré depuis l'ouverture des stations météo. » (Sauvagnargues-Lesage, 2004).

L'évènement déclencheur

Deux épisodes pluvieux successifs parmi les plus violents mesurés (Huet, 2002) ont touché plusieurs départements du pourtour méditerranéen. Le dimanche 8 septembre 2002, le premier épisode pluvieux a touché une bande SSO-NNE d'environ 2500 km² aux environs de 10h30 et ce jusqu'à 23h30 soit durant 13 heures.

Le second épisode, situé plus en amont du premier et de nature plus intense, a affecté une superficie de 3 500 km². Il a commencé le lundi 9 vers 0h30 soit seulement 1 heure après la fin du premier épisode pluviométrique pour se terminer vers 13h30 ce même jour soit une durée de 12 heures. Ces deux épisodes pluvieux sont caractérisés par des cumuls ponctuels mesurés exceptionnels allant jusqu'à 687 mm en 24 heures en certains points du département du Gard, par la surface touchées par les cumuls importantes (400 mm sur environ 1800km² et plus de 600 mm sur 150 km²) et par la disparité spatiale des précipitations.

Ces deux épisodes pluvieux ont provoqué des crues des cours d'eau pouvant être qualifiées de crues éclairs et qui très rapidement entraînent des inondations. (Ayrat, 2005).

Les conséquences sur les enjeux humains, environnementaux, réseaux vitaux

Les dommages sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux sont principalement dû aux inondations.

Les conséquences humaines.

23 morts dont 22 dans le département du Gard ont été dénombrés (Huet, 2003). 4200 sauvetages et mises en sécurité (assimilés à des urgences absolues) dont 1260 assurés par 20 hélicoptères ont été réalisés (Sauvagnargues-Lesage, 2004). 18 000 appels ont été reçus sur le 18 et le 112 (6 fois plus que d'ordinaire). 295 communes sur les 353 que compte le Gard ont été sinistrées. Il est souligné que le bilan aurait pu être bien plus lourd. "Il est explicable par l'efficacité de la gestion des secours mais aussi par le jour du début de crise (un dimanche). Les écoles, usines, bureaux étaient déserts" (Huet, 2002)

Les conséquences sur les réseaux vitaux

- Electricité : 57 000 foyers sans électricité (Teulié, 2003).
- Eaux potables : la quasi-totalité des unités de distribution en eaux potables ont été affecté par casse du réseau de distribution, interruption de la distribution, inondation des captages, défaut d'alimentation en énergie (Huet, 2003). Dommages aux réseaux

- par déchaussement des voiries, dommages aux stations de pompes (Perriez, 2002) environ 200 communes.
- Routier : 134 points de ruptures sur le réseau routier (Sauvagnargues-Lesage, 2004), 85% des routes coupées. La totalité des routes nationales ont été endommagées ce qui représente un montant total pour le département, toutes voiries confondues de 93.7 M€.
 - Filiaire : centraux téléphoniques non alimentés en électricité, entre 45% et 60% des lignes téléphoniques coupées (Teulié, 2003)
 - Hertzien : gravement perturbé.
 - Satellitaire : le réseau satellitaire a fonctionné tant que les postes étaient alimentés en électricité (Huet, 2003).
 - Agriculture – industrie : 8 000 ha non vendangés (30 M€ pertes), pertes agroalimentaires, caves coopératives ; élevages, 441 industries sinistrées
 - Commerce : 2 592 d'entreprises sinistrées dont 156 dans le domaine du tourisme, 518 pour services aux populations et 1 477 commerces.
 - Enseignement – recherche : 1 semaine après, 20 écoles sur 608, 5 collèges sur 37 et 1 lycée sur 36 sont fermés.

L'organisation de crise

Le dimanche 8 septembre 2002, Météo France émet une carte de vigilance de niveau orange à 05h38 pour les départements du Gard, de l'Hérault, de la Lozère, du Tarn et de l'Aveyron. Les bulletins de suivi prévoient de violentes précipitations orageuses à partir de l'après midi.

Dès 6h35, le CODIS prévient les six groupements territoriaux de l'alerte. Le SDIS 30 recense dès le matin les différents moyens de secours spécialisés (plongeurs, groupe GRIMP) (Sauvagnargues-Lesage, 2004). Les casernes ainsi que le CODIS renforcent leurs effectifs. Les premières interventions ont lieu dans l'après midi et dès 17 heures, les premiers problèmes radio apparaissent. Des ruissellements importants, les crues du Vidourle et des Gardons provoquent les premières inondations et ce dans plusieurs secteurs du département. A 20h39, le COD est activé en Préfecture de Nîmes. Ce premier épisode pluvieux a provoqué de nombreuses inondations dans la soirée du dimanche. De nombreuses routes sont coupées et un premier décès est constaté. Les premières demandes de renforts sont envoyées au COZ de Valabre.

Le lundi 9 septembre, à 01h37, Météo France émet une nouvelle carte de vigilance de niveau rouge (niveau 4) valable jusqu'à 16h00. Dès l'aube, des précipitations exceptionnelles s'abattent de nouveau sur l'ensemble du département du Gard provoquant les débordements de nombreux cours d'eau. A 10h16, ce même jour, le Préfet du Gard déclenche le plan ORSEC.

Les effectifs humains et matériels mobilisés pour faire face à cet événement sont exceptionnels. 2350 hommes ont été mobilisés avec à leur actif 4200 évacuations dont 1260 en hélicoptères et 800 par embarcations. 2 750 personnes ont été déplacées et hébergées (Peton-Klein).

Les effectifs Gardois (1200) ont été renforcés par plus de 800 personnels des compagnies républicaines de sécurité, escadrons de gendarmerie mobile et réservistes de la gendarmerie. A signaler également le renfort de 1000 élèves de l'école nationale de police pour les opérations de nettoyage et de déblaiement et la mobilisation de 350 personnels de

l'équipement du département afin de rétablir les axes de circulations qui étaient à 80% coupés au matin du 9 septembre.

Le SDIS s'est vu confier, en sus de sa mission de secours et d'aide aux victimes, des missions supplémentaires du fait de ses capacités de mobilité, de communication et d'action. L'aide à la population (diffusion d'information aux personnes isolées, acheminement de denrées alimentaires, de médicaments et d'eau de consommation, aide aux praticiens de santé, coordination de l'aide apportée par les associations),

Les missions de la DDASS lors de cet événement exceptionnel portaient sur (Peton-Klein, 2003) : l'organisation de l'évacuation des établissements sanitaires et médico-sociaux (évacuation de deux maisons de retraite) ; le suivi médical des patients ; la mise en place de l'urgence médico-psychologique et l'hébergement d'urgence ; le relogement des sinistrés (600 personnes ont été hébergées dans 17 centres d'hébergement) et le suivi des réseaux de distribution et de qualité de l'eau. Faute de moyens de communication, un état précis de la situation n'a pu être dressé dans la journée du lundi.

Le découpage de la crise en fonction du temps peut se faire de la manière suivante (Sauvagnargues Lesage, 2004) :

- la gestion des Urgences Absolues : du dimanche 8.09.2002 à la mi-journée jusqu'au mardi 10.09.2002 au matin : 295 communes touchées sur les 353 du département ; 18 000 appels sur le 18 et le 112, 22 morts dans le département du Gard, 4 200 sauvetages et 1 260 sauvetages assurés par 20 hélicoptères.

- la gestion des Urgences relatives du lundi 9.09.2002 à la mi-journée jusqu'à la fin du mois de septembre : renforts issus de 32 départements différents, de militaires et d'UIISC et un effectif maximum simultanément de 2 030 hommes.

Les attentats terroristes de Madrid, le 11 mars 2004

L'évènement déclencheur

Le 11 mars 2004, entre 7h39 et 7h42, dix bombes ont explosés sur 4 lignes de chemins de fer C1, C2 et C7 qui relient la ville de Alcala de Henares à la ville de Madrid. Les explosions ont touché quatre trains qui circulaient tous en direction de la gare d'Atocha.

En Gare d'Atocha :

- *train 17.305* : explosion de 3 bombes touchant les wagons 3,4 et 6 dans la gare à 7h39.

- *train 21.431* : explosion de 4 bombes affectant les wagons 1, 3, 4 et 6 à proximité de la gare à 7h42 (3 minutes) (au total 7 bombes).

En Gare del Pezo :

- *train 21.435* : explosion de 2 bombes à 7h42 touchant les wagons 3 et 4 à l'arrêt.

En gare de Santa Eugenia :

- *train 21.713*, explosion d'une bombe à 7h42 sur le wagon 4.

Immédiatement après les explosions, le Premier Ministre José-Maria Aznar attribue l'attentat à l'ETA, l'organisation nationaliste basque. Mais la piste islamiste se précise rapidement. Le massacre est revendiqué le soir même par un groupe se réclamant d'Al-Qaida – les Brigades Abou Afs al-Masri – dans un texte reçu à Dubaï par le quotidien Al-Qods al-Arabi.

Dès le 13 mars, la police espagnole procède à 5 interpellations. Le 14 avril, le ministre de l'Intérieur annonce que le noyau dur du réseau est anéanti : 19 suspects ont été arrêtés et 7 se sont suicidés. Le ministre estime qu'il s'agissait d'une cellule locale qui se finançait par le trafic de drogue (haschisch et ecstasy notamment). (Source internet)

Les conséquences humaines

Victimes					
	Gare d'Atocha	Rue Tellez	Gare du Pozo	Gare Santa Eugenia	
Morts	89	18	67	17	191
Urgences Absolues	15	25	6	4	50
Urgences Relatives	20	30	20	16	86
Légers	80	110	30	32	252
Total					579

Quelques constats

Les communications ont été coupées du fait d'un nombre important d'appels et de l'utilisation d'un système de désactivation des ondes permettant de bloquer toutes commandes à distance ou par téléphone mobiles d'autres bombes par les terroristes.

Les communications entre les services de secours ont fonctionné grâce à l'utilisation de radiotéléphonie.

Les attentats terroristes de Londres, le 12 juillet 2005

Les attentats de Londres du 12 juillet 2005 sont intervenus dans un contexte particulier

Le 2 juillet, a eu lieu les *Live 8* concerts, à Londres mais également dans 7 autres pays concerts de solidarité pour les pays d'Afrique.

Le 6 juillet, la ville de Londres a été choisie par le CIO pour organiser les Jeux Olympiques de 2012.

Le 7 juillet s'est tenu à Gleneagles le sommet du G8.

L'évènement déclencheur

A 8h50 ont eu lieu 3 explosions simultanées (intervalle de 50 secondes) (House of common, 2006) :

- la première dans le métro entre les rues de Liverpool et de Aldgate à la limite de la City, quartier financier de Londres. Cet attentat a fait 7 morts

- la seconde également dans le métro vers la rue de Edgware. Cet attentat a fait 5 morts.

- la troisième dans le métro à Russell square : King Cross faisant 21 morts.

A 9h47 a eu lieu la quatrième explosion à l'étage supérieur d'un autobus impérial à Tavistock Square provoquant le décès de 13 personnes.

Chaque bombe composée de 2 à 5 kg d'explosifs « maison ».

Les conséquences humaines

775 victimes sont à dénombrer à la suite des ces attentats. 56 personnes sont décédées dont 53 sur sites. 55 victimes sont assimilées à des urgences absolues, 349 personnes assimilées à des urgences relatives et 318 personnes impliquées (Aylwin, 2006).

Les ouragans Katrina et Rita en août 2005

Le 25 août 2005, l'ouragan Katrina de niveau 1 sur l'échelle de Saffir-Simpson frappe les côtes de Floride causant 11 morts. Il continue sa course au dessus du Golfe du Mexique en se renforçant et est reclassé en catégorie 5. Il a atteint les côtes de la Nouvelle-Orléans et de Biloxi le 29 août 2005 vers 11h00 heure locale, provoquant la plus grande catastrophe naturelle aux Etats-Unis depuis 1928.

L'évènement déclencheur

La détection de l'ouragan Katrina a été relativement précise et précoce. La trajectoire de l'ouragan Katrina en direction des côtes de la Nouvelle-Orléans a été détectée 60 heures avant l'impact permettant une évacuation de la Nouvelle-Orléans dès le dimanche 28 août (Kuepper, 2005).

Dans la nuit du dimanche au lundi, le niveau d'eau du lac Ponchartraine a augmenté de plusieurs mètres.

Le lundi 29 août 2005, à 7h00 AM, l'ouragan se trouvait à 80 km au sud de la Nouvelle-Orléans. Les digues du lac se sont effondrées le mardi 30 août inondant approximativement 80% de la Nouvelle-Orléans.

Le mardi 30 août, le système dépressionnaire s'est déplacé vers le nord traversant plusieurs états des Etats-Unis pour se dissiper au dessus du Canada et du Québec le 31 août 2005.

L'ouragan Katrina a causé des dégâts majoritairement dans cinq états des Etats-Unis : la Louisiane, le Mississippi, la Floride, la Géorgie et l'Alabama (Knabb, 2005). La superficie touchée représente 240 870 km² (White house, 2006), approximativement 50% du territoire français (Guihou, 2006). La Louisiane et plus particulièrement la Nouvelle-Orléans ont été les plus affectées.

Les conséquences

Sur la côte du Mexique, 1 300 personnes sont décédées. 250 000 à 300 000 habitations ont été endommagées dont 110 000 à La Nouvelle-Orléans (50 000 sont non réparables). Ce chiffre est supérieur aux destructions occasionnées par le Tsunami en Asie

715 000 habitations ont été privées d'électricité, 750 000 n'ont plus eu accès au téléphone.

Suite à l'inondation de La Nouvelle-Orléans provoquée par la rupture des digues du lac Ponchartraine, l'ensemble des réseaux vitaux a été impacté : électricité, systèmes d'eaux potables, systèmes d'eaux usées, télécommunication filaire. Les réseaux d'eau potable et de gaz ont été coupés dans un rayon de 70 km autour de la ville. 80 à 90% des réseaux vitaux ont été détruits en 3 heures. Le manque d'électricité a un impact sur tous les autres réseaux.

L'ouragan a également entraîné des dommages importants sur les secteurs économiques. 75% des installations *off shore* présentes dans le golfe (3050 sur 4000) étaient sur la trajectoire des deux ouragans et 114 ont été détruites, 69 endommagées, 19 à la dérive et 3 coulées. A la suite du passage de l'ouragan, 91% de la production de pétrole et 83% de la production de gaz ont été arrêtés.

Les premières estimations de pertes s'élèvent à 200 millions de dollars.

Organisation des secours

Dès le vendredi 26 août, le gouverneur de Louisiane, Kathleen Blanco, déclare l'état d'urgence. Le dimanche 28 août, le gouverneur Blanco écrit au Président Bush en lui précisant que la situation est au-delà des capacités de réponse de l'Etat.

La FEMA indiqua que 1,2 millions de personnes le long de la côte nord du golfe du Mexique ont été évacués. Au niveau de la Nouvelle-Orléans, 300 000 personnes sont parties par leurs propres moyens, et 10 000 personnes environ se sont réfugiées au Superdome, lieu de rassemblement.

Calcul du ratio de cohérence

a) Totalisation des entrées

Le ratio de cohérence de la matrice ci-dessous se calcule de la manière suivante.

OG	C1	C2	C3	VP	C1	C2	C3	Total des lignes
C1	1	X ₁	X ₂	α_1	1 * α_1	X ₁ * α_2	X ₂ * α_3	$\sum (1 * \alpha_1), (X_1 * \alpha_2), (X_2 * \alpha_3) = Y1$
C2	1/X ₁	1	X ₃	α_2	(1/X ₁) * α_1	1 * α_2	X ₃ * α_3	$\sum (1/X_1 * \alpha_1), (1 * \alpha_2), (X_3 * \alpha_3) = Y2$
C3	1/X ₂	1/X ₃	1	α_3	(1/X ₂) * α_1	(1/X ₃) * α_2	1 * α_3	$\sum (1/X_2 * \alpha_1), (1/X_3 * \alpha_2), (1 * \alpha_3) = Y3$

b) Calcul du λ_{\max}

$$\begin{pmatrix} Y1 \\ Y2 \\ Y3 \end{pmatrix} \div \begin{pmatrix} \alpha1 \\ \alpha2 \\ \alpha3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z1 \\ Z2 \\ Z3 \end{pmatrix}$$

$$(Z1+Z2+Z3) / n = \lambda_{\max}$$

n étant la dimension de la matrice

c) Calcul de l'Indice de Cohérence

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

d) Détermination de l'Indice Aléatoire (IC)

Dimension de la matrice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IC	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Le ratio de cohérence est donc égal à :

$$RC = IC / IA$$

Le crash du Concorde le 25 juillet 2000

Le mardi 25 juillet 2000, à 14h30 UTC, soit à 16h60 heure locale, le Concorde affrété par Air France a décollé de l'aéroport Paris Charles-de-Gaulle pour effectuer un vol à destination de New York avec à son bord neuf membres d'équipage et 100 passagers.

Circonstances de l'évènement

A 16h42, le pneu n°2 du train principal gauche roule sur une lamelle métallique provoquant l'éclatement du pneu et entraînant la projection de gros morceaux de caoutchouc sur une partie d'un réservoir. Un feu important se déclare sous la voilure gauche provoquant la panne du moteur 2. A 16h 44, de fortes flammes sont présentes à l'arrière de l'appareil, le commandant de bord décide de rentrer le train et d'essayer de se poser sur l'aérodrome du Bourget. Les alarmes feu retentissent indiquant les chutes de puissance des moteurs 1, 3 et 4. A 16h44 minutes et 31 secondes, le Concorde s'écrase sur un hôtel au lieu dit de la Patte-d'oie de Gonesse à l'intersection des routes D902 et N17.

Les conséquences humaines, environnementales et matérielles

Les 100 passagers et les 9 personnes de l'équipage du Concorde ainsi que 4 tiers seront tués sur le coup. 6 personnes présentes dans l'hôtel seront blessées. Concernant les dommages matériels, seuls le Concorde et l'hôtel sont à dénombrer.

L'organisation des secours

« Le centre de secours de Gonesse est distant de 600 mètres du lieu du Crash. Les hommes de la caserne font route vers la D902 après avoir vu le panache de fumée s'élever. A 16h51 les pompiers se trouvent face à un front de flamme de 70 mètres de long sur 30 mètres de haut. L'ensemble de la zone sinistrée s'étend sur une superficie d'environ 3000 m².

A 16h42, le CODIS déclenche le premier niveau d'anticipation du plan rouge. Les véhicules, le PC et un renfort en commandement et en médecins sont engagés. La montée en puissance du dispositif tient au lieu de la catastrophe, éloignée de deux kilomètres de la zone de compétence de la Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris. Au même moment, la BBSP déclenche le premier échelon de son plan rouge en plus des moyens qu'elle a engagée dans le cadre du plan de secours spécialisé « chute d'avion ».

Vers 16h56 le second niveau du plan rouge est déclenché. A 17 heures, le COD à la préfecture et activé et est composé des représentants du SDIS, de la police, de la gendarmerie et de la DDASS. Les SAMU 95 et 93 activent les Cellules d'Urgences Médico-Psychologiques au terminal 9 de l'aéroport de Roissy. A 19h26, le feu est éteint mais le travail de recherche, de relevage et de brancardage des corps continue. Le mercredi 26 juillet, toutes les victimes ont été relevées. Un piquet de surveillance est maintenu durant la nuit du 26 au 27 juillet et des sapeurs pompiers seront engagés pour sécuriser le site et découper les pièces de la carlingue jusqu'au 14 août." D'après le témoignage de C. Hennebuise.

Les intempéries de neige dans le nord est de la France en janvier 2003

Le mois de janvier a été particulièrement marqué par trois épisodes successifs de neige et de verglas : les 4 et 5 janvier, les 13 et 14 janvier, et les 30 et 31 janvier.

Les 4 et 5 janvier 2003, suite à un épisode neige-verglas exceptionnel, les réseaux autoroutier, national et départemental, ont connu de graves dysfonctionnements.

1. L'évènement déclencheur

Selon Météo France, l'évènement qui a touché la région parisienne est analysé comme une « frontogénèse secondaire ²⁴ », délicatement prévisible à court terme c'est-à-dire au dessous de 24 heures.

La région Ile-de-France a été placée en alerte jaune dès l'après midi du 4 janvier (chutes de neige modérées pour l'après midi pouvant se renforcer en fin de journée). Les exploitants des réseaux se sont mobilisés mais dans une optique de gestion courante.

Au même moment la région Nord est passée en alerte orange à 12h. A 14h30, l'actualisation de la vigilance en niveau orange conduit à une pré-alerte des services. Selon le rapport, les difficultés de prévision de l'évènement ont retardé le passage en pré-alerte d'environ 2 heures.

Les premières difficultés interviennent vers 13h dans le secteur ouest et la situation s'aggrave vers 16h avec des problèmes de déneigements.

Points mis en avant concernant l'épisode neige verglas en région parisienne :

- décalage entre le déclenchement du plan neige et la carte vigilance Météo France ;
- absence de plan de gestion du trafic ;
- prise en compte tardivement du caractère exceptionnel de la crise ;
- insuffisance de l'information routière, sources d'erreurs et de confusion.

2. Les conséquences

Aucune victime n'est à déplorer

Plusieurs milliers de personnes ont été touchées par ces blocages routiers (en moyenne 13 heures). Près de 100 personnes ont été hébergées et ravitaillées. Le retour à la normal a eu lieu dans la journée du dimanche 5

²⁴ Frontogénèse secondaire : phénomène d'enroulement du front froid sur lui-même, avec des vents en basse couche.

Les explosions du dépôt pétrolier de Buncefield

Le 11 décembre 2005, vers 6h01, a eu lieu une première explosion suivie d'un incendie qui embrase 21 grands réservoirs du dépôt pétrolier. L'explosion est entendue jusqu'à 160km et les effets sismiques sont classés au niveau 2.4 sur l'échelle de Richter. A 6h08, les secours sont alertés. A 6h27 et 6h28, deux explosions subséquentes suivent. Les 12 et 14 décembre, de nombreuses fuites se produisent au niveau des bacs de rétention, les polluants s'écoulant hors du site. Le 14 décembre, l'incendie est maîtrisé après 60h de lutte menée par 600 pompiers. Un tiers des 35 000 m³ d'hydrocarbures stockés sur site se sont échappés des bacs et ont été détruits dans l'incendie (coté 4 par le Barpi). La quantité de matière ayant participé à l'explosion en équivalent TNT est cotée au niveau 3 (Barpi).

Plusieurs difficultés sont apparues : les équipements de lutte contre l'incendie ont été détruits lors des explosions, les réserves d'eau du site n'ont pu être utilisées du fait de la mise hors service des stations de pompage. Aucun moyen de secours interne n'a pu être mis en œuvre et l'accès aux installations a été rendu compliqué du fait de la présence des eaux d'extinctions et des écoulements de carburant.

Le souffle de l'explosion a causé des dommages importants dans un rayon de 800 m (vitres brisées, portes enfoncées, murs des entrepôts détruits, toits des maisons soufflés, voitures à proximité carbonisées).

43 personnes ont été blessées par des éclats de verres et une par les effets de blaste. 2000 personnes ont été évacuées pour la journée. Un nuage toxique contenant des substances irritantes s'est élevé à plus de 300 m de haut et a atteint la France sans conséquences importantes. Les eaux et les sols ont été pollués en raison de la dispersion des eaux d'extinctions et du déversement d'hydrocarbures.

Une vingtaine de sociétés employant 500 personnes au total ont été détruites, une soixantaine employant 3500 personnes ont subi des dommages importants. Au total 4000 personnes ont été dans l'incapacité de travailler.

Cotation - Crises industrielles

Indicateur Evènement déclencheur

	CIN	GRAV	IMP S	EFF D
Tunnel du Mont blanc	0,25	0,25	0,25	0
Erika	0,25	0,5	1	0
Crash du Concorde	1	0	0,25	0
Explosion usine AZF	1	0,75	0,5	0
Accident A9	0,5	0,25	0,25	0
Exercice EURATECH	0,25	0,25	0,25	0,5
Buncefield	0,5	0,75	0,25	1

Indicateur conséquences

Conséquences Humaines

	MORTS	UA	UR	Impliqués
Tunnel du Mont Blanc	0,75	0	0	0,25
Erika	0	0	0	0,25
Crash du Concorde	1	0,25	0	0
Explosion usine AZF	0,75	0,5	1	1
Accident A9	0	0,25	0	0
Exercice EURATECH	0,5	0,5	0,75	0,25
Buncefield	0	0,33	0	0,33

Conséquences environnementales

	T ARTI	T AGRI	Forêts	ZONE H	S EAUX
Tunnel du Mont Blanc	0	0	0	0	0
Erika	0	1	0	0	1
Crash du Concorde	0	0	0	0	0
Explosion usine AZF	1	0	0	0	0
Accident A9	0	0	0	0	0
Exercice EURATECH	0	0	0	0	0
Buncefield	0	0	0	0	0

Conséquences réseaux vitaux

	REE P	REE E	REE G	REE P	REE EU	ROUTIER	FERRE	AERIEN	MARITIME
Tunnel du Mont Blanc	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Erika	0	0	0	0	0	0	0,871	0	0
Crash du Concorde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Explosion usine AZF	0	0	0	0	0	0,132	0	0	0
Accident A9	0	0	0	0	0	0,132	0	0	0
Exercice EURATECH	0	0	0	0	0	0,132	0	0	0
Buncefield	0	0	0	0	0	0,132	0	0	0

	RT FIL	RT HERT	RT SAT	AG ID	COM	ENS R	FIN	GOUV	L C C
Tunnel du Mont Blanc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erika	0	0	0	0,66	0,72	0	0	0	0,871
Crash du Concorde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Explosion usine AZF	0	0,132	0	0,396	0,396	0,396	0	0	0,266
Accident A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exercice EURATECH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buncefield	0	0	0	0	0	0,132	0	0	0

Indicateur capacité de réaction des organisations

Missions Centre Opérationnel de Défense

	CDT	SSS	OP C	T	TRANSM	EEA	PUBLIC	
Tunnel du Mont blanc	0	0	0	0	0	0	0	
Erika	0,33	0	0	0	0,33	0,33	0	
Crash du Concorde	0	0	0	0	0	0	0	
Explosion usine AZF	0	0	0	0	0	0	0	
Accident A9	0	0	0	0	0	0	0	
Exercice EURATECH	0	0	0	0	0	0	0	
Buncefield								

Missions de terrain

	CDT	SSS	OP C	T	TRANSM	EEA	
Tunnel du Mont blanc	0,33	0,33	0	0	0	0	
Erika	0,33	0	0	0,33	0	0,33	
Crash du Concorde	0	0	0	0	0	0	
Explosion usine AZF	0	0,66	0	0	0,66	0,33	
Accident A9	0	0	0	0	0	0	
Exercice EURATECH	0	0	0	0	0	0	0
Buncefield							

Facteurs Aggravants

Facteurs aggravants relatifs à l'évènement déclencheur

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	T Mt BLC	Erika	Concorde	AZF	A9	Euratech
	Evènement déclencheur						
1	Connaissance de l'évènement déclencheur insuffisante		1		1	1	1
2	Difficulté à identifier les causes				1		
3	Méconnaissances des installations				1		
	TOTAL	0	1	0	3	1	1

Facteurs aggravants relatifs aux conséquences

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	T Mt BLC	Erika	Concorde	AZF	A9	Euratech
	Conséquences						
5	Réaction négative des populations						
6	Non respects des consignes de sécurité						
7	Ampleur spatiale importante						
8	Acteurs parmi les victimes						
9	Gestion difficile des familles						
	TOTAL	1	1	1	2	0	3

Facteurs aggravants relatifs à la réaction des organisations

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	T Mt Blc	Erika	Concorde	AZF	A9	Euratech	Buncefield
	Signaux avertisseurs et alertes							
10	Non perception des signaux avertisseurs							
11	Non prise en compte des signaux avertisseurs		1					
12	Surprise de l'évènement		1		1			
13	Non fonctionnement de l'alerte				1			
14	Système d'alerte inefficace ou absente				1			
	Acteurs		2		3			
15	Ambiguïtés des fonctions		1					
16	Difficultés de coordination		1		1			
17	Manque de doctrine commune		1					
18	Méconnaissances des rôles et des actions		1					
19	Stress, fatigue		1		1			
20	Frustration							
21	Première expérience de ce type de crise		1					
	Moyens opérationnels				2			
22	Absence d'inventaire des moyens							
23	Délais de montée en puissance							
24	Déséquilibre entre les moyens et les besoins		1					
25	Délais d'acheminement des renforts important				1			
26	Absence de moyens de protection adéquat		1		1			
27	Difficulté d'installation des PC							
28	Engorgement des services d'urgence				1			
29	Relations difficiles avec les médias							
30	Nombre important de médias sur site							
31	Manque de moyens d'hébergement							
32	Moyens non opérationnels							
	Informations communication		1		3			

33	Problème de communication orale (langues)								
34	Problème de remontée de l'info			1					
35	Echanges insuffisants d'information			1					
36	Informations fausses, contradictoires,								
37	Informations importantes non prise en compte								
	Éléments contextuels			2					
38	Météo défavorable			1					
39	Période temporelle néfaste			1					
40	Evènements simultanés			1					
41	Plans non mis à jour			1					
42	Difficulté de prévisions météo								
43	Transmissions auprès des populations								
44	Rumeur								
	TOTAL			16	0	8	0	0	0

Ratio des facteurs aggravants

	SSA	Ratio SAA	Intra Org (7)	Ratio Iorg	Moyens (11)	Ratio moy	info Com (5)	Ratio Info com	Contexte (7)	Ratio contexte
Tunnel du Mont blanc	0	0	1	0,14	1	0,09	1	0,2	0	0,00
Erika	2	0,4	6	0,86	2	0,18	2	0,4	4	0,57
Crash du Concorde	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00
Explosion usine AZF	3	0,6	2	0,29	3	0,27	0	0	0	0,00
Accident A9	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00
TMD Portes Lès Valence	0	0	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00
Buncefield	0	0	0	0,00	1	0,09	0	0	0	0,00

Crises naturelles

Indicateur événement déclencheur

	Niveau Vigilance	Niveau Vigicrue	Importance Spatiale
Neige 2003	0,75	0	1
Tempêtes 1999	1	0	1
Inondations 2002	1	0	0,75
Katrina	1	0	1
Tsunami	1	0	1
Canicule	1	0	1
Inondation 2005	1	0	0,5
Inondation 2003	0,66	0	0,5

Indicateur conséquences globales

Conséquences humaines

	Morts	Urgences Absolues	Urgences Relatives	Impliqués
Neige 2003	0	0	0	0,25
Tempêtes 1999	1	1	1	1
Inondations 2002	0,75	1	1	1
Katrina	1	1	1	1
Tsunami	1	1	1	1
Canicule	1	1	1	1
Inondation 2005	0	0	0	1
Inondation 2003	0,33	1	0	1

Conséquences environnementales

	T ARTI	T AGRI	Forêts	ZONE H	S EAUX
Neige 2003	0	0	0	0	0
Tempêtes 1999	1	1	1	0	0
Inondations 2002	1	1	1	0	1
Katrina	1	1	1	0	1
Tsunami	1	1	1	0	1
Canicule	0	0	0	0	0
Inondation 2005	0,75	0,75	0	0	1
Inondation 2003	0,33	0,33	0	0	0

Conséquences réseaux vitaux

	REE P	REE E	REE G	REE E P	REE EU	ROUTIER	FERRE	AERIEN	MARITIME
Les intempéries 4-5 janvier 2003	0	0	0	0	0	0,99	0	0,66	0
Tempêtes de décembre 1999	0	0,40	0	0,26	0,26	0,60	0,87	0,53	0
Inondations de septembre 2002	0	0,20	0,13	0,20	0,20	0,26	0,87	0	0
Katrina	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	1,6	0
Tsunami	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0
Canicule	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inondation 2005	0	0,13	0	0,07	0	0,13	0	0	0
Inondation 2003	0	0,13	0	0,13	0,13	0,20	0,20	0	0

	RT FIL	RT HERT	RT SAT	AG ID	COM	ENSR	FIN	GOUV	L C C
Les intempéries 4-5 janvier 2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempêtes de décembre 1999	0,53	0,72	0	1,06	0,87	0,87	0	0	0,87
Inondations de septembre 2002	0,53	0,48	0	0,40	0,40	0,40	0	0	0,40
Katrina	1,2	1,2	0	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Tsunami	0	0	0	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Canicule	0	0	0	0,40	0	0	0	0	0
Inondation 2005	0	0	0	0	0,132	0,13	0	0	0
Inondation 2003	0,20	0	0	0,13	0,13	0,13	0	0	0

Indicateur capacité de réaction des organisations

Centre Opérationnel de défense

	CDT	SSS	OP C	T	TRANSM	EEA	PUBLIC
Neige 2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
Tempêtes 1999	0,33	0,33	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
Inondations 2002	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Katrina	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tsunami	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Canicule	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
Inondation 2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
Inondation 2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00

Acteurs de terrain

	CDT	SSS	OP C	TT	TRANSM	EEA
Neige 2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempêtes 1999	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Inondations 2002	0,00	0,66	0,00	0,00	0,66	0,33
Katrina	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Tsunami	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Canicule	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Inondation 2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inondation 2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Facteurs aggravantsFacteurs aggravants relatifs à l'Évènement déclencheur

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	Neige 2003	Temp 1999	In 2002	Katrina	Canicule	Tsunami	In 2005	In 2003
	Évènement déclencheur								
1	Connaissance de l'évènement déclencheur insuffisante	1		1	1	1	1		
2	Difficulté à identifier les causes								
	TOTAL	1	0	1	1	1	1	0	0

Facteurs aggravants relatifs aux conséquences

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	Neige 2003	Temp 1999	In 2002	Katrina	Canicule	Tsunami	In 2005	In 2003
	Conséquences								
3	Réaction négative des populations								
4	Non respects des consignes de sécurité								
5	Ampleur spatiale importante								
6	Acteurs parmi les victimes								
7	Gestion difficile des familles								
	TOTAL	1	1	0	0	1	1	2	0

Facteurs aggravants relatifs à la réaction des organisations

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	Neige 2003	Temp 1999	In 2002	Katrina	Canicule	Tsunami	In 2005	In 2003
	Signaux avertisseurs et alertes								
8	Non perception des signaux avertisseurs					1		1	
9	Non prise en compte des signaux avertisseurs					1		1	
10	Surprise de l'évènement	1					1		
11	Non fonctionnement de l'alerte					1			
12	Système d'alerte inefficace ou absence					1	1		
	Acteurs								
13	Ambiguïtés des fonctions								
14	Difficultés de coordination	1	1		1	1			
15	Manque de doctrine commune		1						
16	Méconnaissances des rôles et des actions								
17	Stress, fatigue		1	1	1		1	1	
18	Frustration				1				
19	Première expérience de ce type de crise		1	1	1	1	1		

	Moyens opérationnels										
20	Absence d'inventaire des moyens										
21	Délais de montée en puissance			1				1			1
22	Déséquilibre entre les moyens et les besoins			1	1			1	1		
23	Délais d'acheminement des renforts important							1			
24	Absence de moyens de protection adéquate										
25	Difficulté d'installation des PC							1			
26	Engorgement des services d'urgence							1	1	1	
27	Relations difficiles avec les médias										
28	Nombre important de médias sur site										
29	Manque de moyens d'hébergement							1		1	
30	Moyens non opérationnels							1		1	
	Informations communication										
31	Problème de communication orale (langues)										
32	Problème de remontée de l'info	1		1	1			1	1		
33	Echanges d'information insuffisants							1		1	
34	Informations fausses, contradictoires	1									
35	Informations importantes non prise en compte							1	1		
	Eléments contextuels										
36	Météo défavorable	1									
37	Période temporelle néfaste	1							1		
38	Evènements simultanés			1	1			1	1		
39	Plans non mis à jour										
40	Difficulté de prévisions météo	1								1	
41	Transmissions auprès des populations	1			1						
	Rumeur									1	
	TOTAL	8	8	8	8	14	13	8	5	1	

Ratio des facteurs aggravants

	SSA	Ratio SAA	Intra Org	Ratio Iorg	Moyens	Ratio moy	info Com	Ratio Info com	Contexte	Ratio contexte
Neige 2003	1	0,2	1	0,14	0	0,00	2	0,4	4	0,57
Tempêtes 1999	0	0	4	0,57	2	0,18	1	0,2	1	0,14
Inondations 2002	0	0	2	0,29	1	0,09	3	0,6	2	0,29
Katrina	0	0	4	0,57	7	0,64	2	0,4	1	0,14
Tsunami	2	0,4	2	0,29	4	0,36	0	0	0	0,00
Canicule	4	0,8	2	0,29	2	0,18	3	0,6	2	0,29
Inondation 2005	2	0,4	1	0,14	0	0,00	0	0	2	0,29
Inondation 2003	0	0	0	0	1	0,09	0	0	0	0

Crises terroristes

Indicateur événement déclencheur

	NB	LOC	DELAI	CIN	GRAV	SAA	IMPS
WTC 2001	1	1	0,66	0,33	1	1	1
Londres 2005	1	0,66	0,66	1	0,5	0	0,25
Madrid 2004	1	0,66	0,66	1	0,5	0	0,25

Indicateur conséquences

Conséquences humaines

	MORTS	UA	UR	Impliqués
WTC 2001	1	1	1	1
Londres 2005	1	0,66	1	1
Madrid 2004	1	0,33	0,66	1

Conséquences environnementales

	T ARTI	T AGRI	Forêts	ZONE H	S EAUX
WTC 2001	1	0	0	0	0
Londres 2005	1	0	0	0	0
Madrid 2004	0,5	0	0	0	0

Conséquences réseaux vitaux

	REE P	REE E	REE G	REE E P	REE EU	ROUTIER	FERRE	AERIEN	MARITIME
Attentats du WTC	0	0,1	0	0,07	0	0,13	0	1,33	0
Attentats de Madrid	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Attentats de Londres	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	RT FIL	RT HERT	RT SAT	AG ID	COM	ENS R	FIN	GOUV	L C C
Attentats du WTC	0,87	0	0	0,53	0,53	0	1,06	0,87	0
Attentats de Madrid	0,27	0,27	0	0	0	0	0	0	0
Attentats de Londres	0	0	0	0	0	0	0	0	0

a. Indicateur capacité de réaction des organisationsCritères Centre Opérationnel de Défense

	CDT	SSS	OP C	T	TRANSM	EEA	PUBLIC
WTC 2001	0,33	0,33	0,33	0,66	0,66	0,33	0,33
Londres 2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00
Madrid 2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Critère acteurs de terrain

	CDT	SSS	OP C	T	TRANSM	EEA
WTC 2001	0,30	0,60	0,66	0,66	0,66	0,66
Londres 2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00
Madrid 2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Facteurs aggravants

Facteurs aggravants relatifs à l'Evènement déclencheur

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	WTC	Londres 2005	Madrid 2004
	Evènement déclencheur			
1	Connaissance de l'évènement déclencheur insuffisante	1		
2	Difficulté à identifier les causes			
3	Méconnaissances des installations			
	TOTAL	0	0	0

Facteurs aggravants relatifs aux conséquences

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	WTC	Londres 2005	Madrid 2004
	Conséquences			
5	Réaction négative des populations			
6	Non respects des consignes de sécurité			
7	Ampleur spatiale importante			
8	Acteurs parmi les victimes	1		
9	Gestion difficile des familles			
	TOTAL	1	0	0

Facteurs aggravants relatifs à la réaction des organisations

N°	FACTEURS AGGRAVANTS	WTC	Londres 2005	Madrid 2004
	Signaux avertisseurs et alertes	3	3	3
10	Non perception des signaux avertisseurs	1	1	1
11	Non prise en compte des signaux avertisseurs	1	1	1
12	Surprise de l'évènement	1	1	1
13	Non fonctionnement de l'alerte			
14	Système d'alerte inefficace ou absente			
	Acteurs			
15	Ambiguïtés des fonctions			
16	Difficultés de coordination	1		
17	Manque de doctrine commune			
18	Méconnaissances des rôles et des actions			
19	Stress, fatigue	1	1	1
20	Frustration			
21	Première expérience de ce type de crise	1	1	1
	Moyens opérationnels	3	2	2
22	Absence d'inventaire des moyens			
23	Délais de montée en puissance			
24	Déséquilibre entre les moyens et les besoins	1		
25	Délais d'acheminement des renforts important			
26	Absence de moyens de protection adéquate			
27	Difficulté d'installation des PC			
28	Engorgement des services d'urgence	1		1
29	Relations difficiles avec les médias			
30	Nombre important de médias sur site			
31	Manque de moyens d'hébergement			
32	Moyens non opérationnels	1		

	Informations communication				
33	Problème de communication orale (langues)				0
34	Problème de remontée de l'info				
35	Echanges d'information insuffisants				
36	Informations fausses, contradictoires				
37	Informations importantes non prise en compte				
	Eléments contextuels				3
38	Météo défavorable				
39	Période temporelle néfaste				1
40	Evènements simultanés				1
41	Plans non mis à jour				1
42	Difficulté de prévisions météo				
43	Transmissions auprès des populations				
44	Rumeur				ü
	TOTAL				8
					10

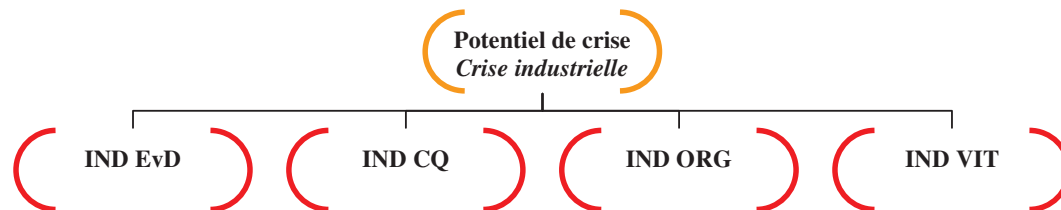
	SAA	Ratio SAA	Intra Org	Ratio Iorg	Moyens	Ratio moy	info Com	Ratio Info com	Contexte
WTC 2001	3	0,6	3	0,43	3	0,27	2	0,4	3
Londres 2005	3	0,6	2	0,29	0	0,00	0	0	3
Madrid 2004	3	0,6	2	0,29	1	0,09	0	0	4

Structurations hiérarchiques, matrices de comparaison binaire et fonctions d'évaluation

1. Potentiel de crise

1.1. Crises industrielles

1.1.1. Structuration hiérarchique



1.1.2. Matrice de comparaison binaire

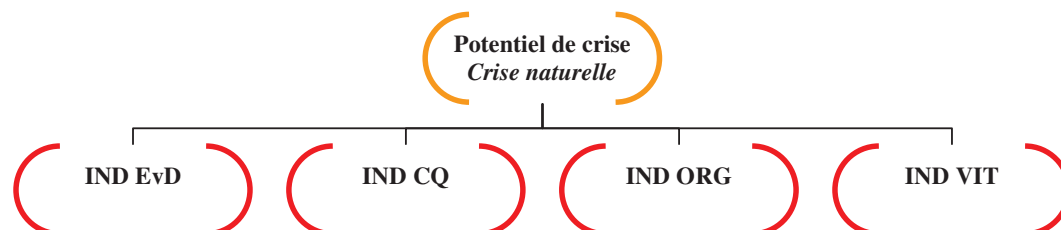
M (1.1)	IND Cq	IND EvD	IND ORG	IND VIT	VP
IND Cq	1				a_{1-I}
IND EvD		1			a_{2-I}
IND ORG			1		a_{3-I}
IND VIT				1	a_{4-I}

1.1.3. Fonction d'évaluation [Eq.1.1.]

$$PC(I) = a_{1-I} \text{ Ind}_{Cq} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{2-I} \text{ Ind}_{EvD} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{3-I} \text{ Ind}_{Org} (1 + \text{Fa}_{Org}) + a_{4-I} \text{ Ind}_{VIT}$$

1.2. Crises naturelles

1.2.1. Structuration hiérarchique



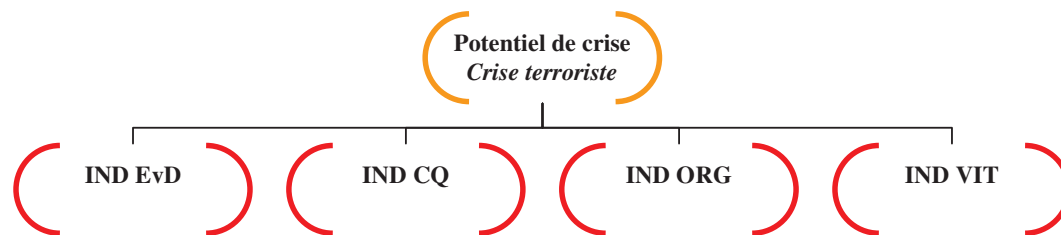
1.2.2. Matrice de comparaison binaire

M (1.1)	IND Cq	IND EvD	IND ORG	IND VIT	VP
IND Cq	1				a_{1-N}
IND EvD		1			a_{2-N}
IND ORG			1		a_{3-N}
IND VIT				1	a_{4-N}

1.2.3. Fonction d'évaluation [Eq.1.2.]

$$PC(N) = a_{1-N} \text{Ind}_{Cq} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{2-N} \text{Ind}_{EvD} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{3-N} \text{Ind}_{Org} (1 + Fa_{Org}) + a_{4-N} \text{Ind}_{VIT}$$

1.3. Crises intentionnelles

1.3.1. Structuration hiérarchique1.3.2. Matrice de comparaison binaire

M (1.1)	IND Cq	IND EvD	IND ORG	IND VIT	VP
IND Cq	1				a_{1-T}
IND EvD		1			a_{2-T}
IND ORG			1		a_{3-T}
IND VIT				1	a_{4-T}

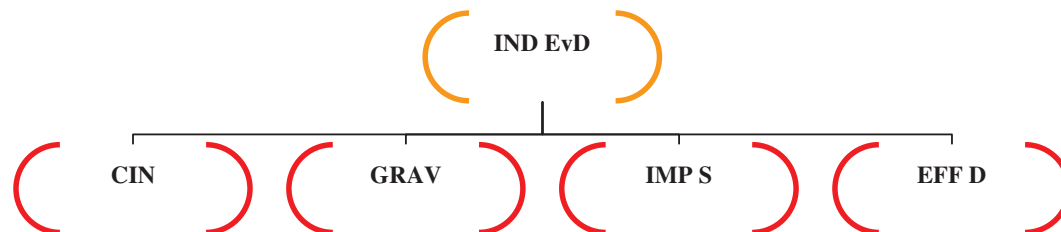
1.3.3. Fonction d'évaluation [Eq.1.3.]

$$PC(T) = a_{1-T} \text{Ind}_{Cq} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{2-T} \text{Ind}_{EvD} (1 + \text{ratio Fa}) + a_{3-T} \text{Ind}_{Org} (1 + Fa_{Org}) + a_{4-T} \text{Ind}_{VIT}$$

2. Indicateur évènement déclencheur

2.1. Crises industrielles

2.1.1. Structuration hiérarchique



2.1.2. Matrice de comparaison binaire

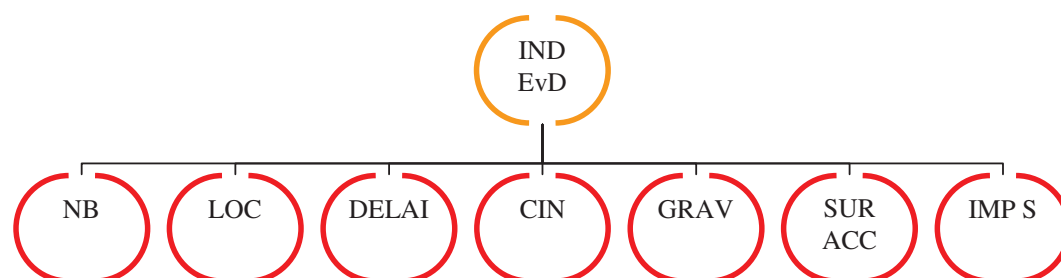
M (2.1)	CIN	GRAV	IMPS	EFFD	VP
CIN	1				b_{1-I}
GRAV		1			b_{2-I}
IMP S			1		b_{3-I}
EFF D				1	b_{4-I}

2.1.3. Fonction d'évaluation [Eq.2.1]

$$IND_{EvD I} = (b_{1-I} (CIN) + b_{2-I} (GRAV) + b_{3-I} (IMP S) + b_{4-I} (EFF D)) + (CONN)$$

2.2. Crises intentionnelles

2.2.1. Structuration hiérarchique



2.2.2. Matrice de comparaison binaire

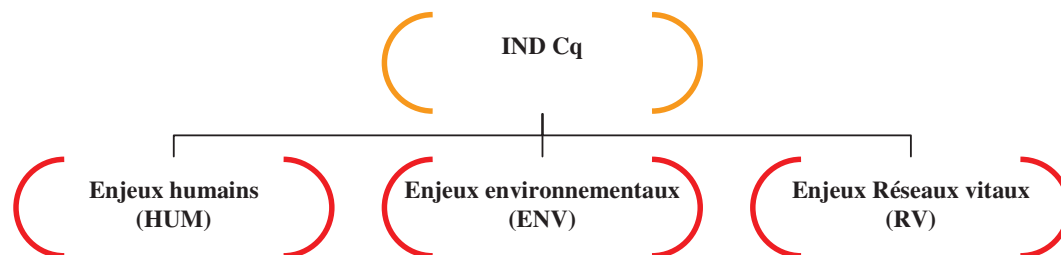
M (2.3)	NB	LOC	DELAI	CIN	GRAV	SUR ACC	IMPS	VP
NB	1							b_{1-T}
LOC		1						b_{2-T}
DELAI			1					b_{3-T}
CIN				1				b_{4-T}
GRAV					1			b_{5-T}
SUR ACC						1		b_{6-T}
IMP S							1	b_{7-T}

2.2.3. Fonction d'évaluation [Eq.2.3]

$IND_{EvD T} = (b_{1-T} (NBEv) + b_{2-T} (LOC) + b_{3-T} (DELAI) + b_{4-T} (CIN) + b_{5-T} (GRAV) + b_{6-T} (SACC) + b_{7-T} (IMPS)) + (CONN)$

3. Indicateur conséquences

3.1. Structuration hiérarchique



3.2. Matrice de comparaison binaire

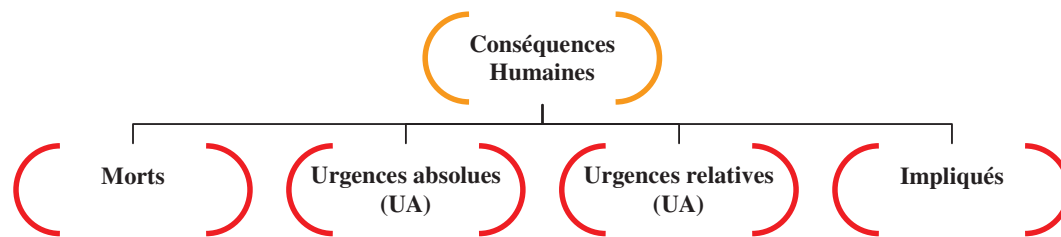
M (3.1)	E HUM	E ENV	E RV	VP
E HUM	1			c_1
E ENV		1		c_2
E RV			1	c_3

3.3. Fonctions d'évaluation

N°Eq	Indicateur Conséquences globales	N° Matrice
[3.1]	Crises d'origine industrielle IND Cq = c_{1-I} (HUM) + c_{2-I} (ENV) + c_{3-I} (RV)	M.3.1
[3.2]	Crises d'origine naturelle IND Cq = c_{1-N} (HUM) + c_{2-N} (ENV) + c_{3-N} (RV)	M.3.2
[3.3]	Crises d'origine terroriste IND Cq = c_{1-T} (HUM) + c_{2-T} (ENV) + c_{3-T} (RV)	M.3.3

3.4. Critères Enjeux humains

3.4.1. Structuration hiérarchique



3.4.2. Matrice de comparaison binaire

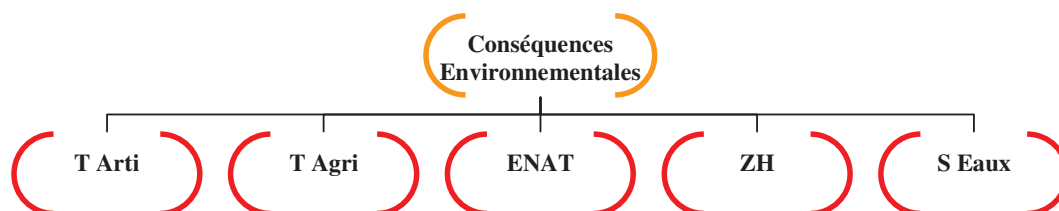
M (3.1.1)	MORTS	UA	UR	IMPL	VP
Morts	1				d₁
UA		1			d₂
UR			1		d₃
IMPL				1	d₄

3.4.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Critères Enjeux Humains	N°Matrice
[3.1.1].	Crises d'origine industrielle $E_{\text{Humain}} = (d_{1-I} (\text{Morts}) + d_{2-I} (\text{UA}) + d_{3-I} (\text{UR}) + d_{4-I} (\text{Impliqués})) + E_{\text{Potentiels}}$	M 3.1.1.
[3.1.2]	Crises d'origine naturelle $E_{\text{Humain}} = (d_{1-N} (\text{Morts}) + d_{2-N} (\text{UA}) + d_{3-N} (\text{UR}) + d_{4-N} (\text{Impliqués})) + E_{\text{Potentiels}}$	M.3.1.2.
[3.1.3]	Crises d'origine terroriste $E_{\text{Humain}} = (d_{1-T} (\text{Morts}) + d_{2-T} (\text{UA}) + d_{3-T} (\text{UR}) + d_{4-T} (\text{Impliqués})) + E_{\text{Potentiels}}$	M3.1.3.

3.5. Critères Enjeux environnementaux

3.5.1. Structuration hiérarchique



3.5.2. Matrice de comparaison binaire

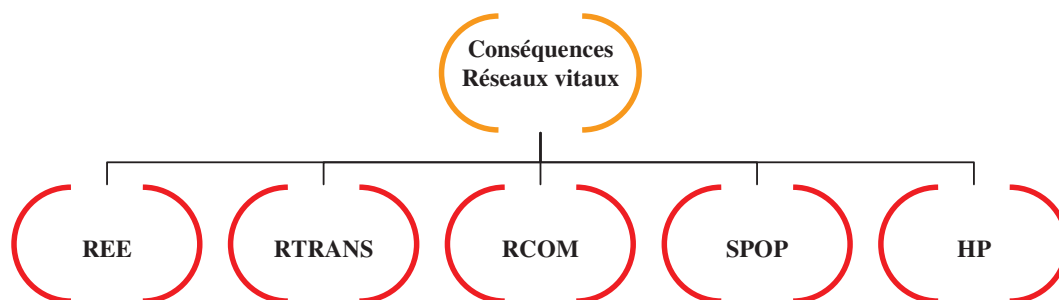
M (3.2.1)	T ARTI	T AGRI	FORETS	Z HUM	EAUX	VP
T ARTI	1					e ₁
T AGRI		1				e ₂
FORETS			1			e ₃
Z HUM				1		e ₄
S EAU					1	e ₅

3.5.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Critères Enjeux Environnementaux	
[3.2.1].	Crises d'origine industrielle	M.3.2.1.
	$E_{ENV} = (e_{1-I} (T_{Arti}) + e_{2-I} (T_{Agri}) + e_{3-I} (Forêts) + e_{4-I} (ZONE_H) + e_{5-I} (S_{Eaux})) + E_{potentiels}$	
	Crises d'origine naturelle	
[3.2.2]	$E_{ENV} = (e_{1-N} (T_{Arti}) + e_{2-N} (T_{Agri}) + e_{3-N} (Forêts) + e_{4-N} (ZONE_H) + e_{5-N} (S_{Eaux})) + E_{potentiels}$	M.3.2.2.
	Crises d'origine terroriste	
[3.2.3]	$E_{ENV} = (e_{1-N} (T_{Arti}) + e_{2-N} (T_{Agri}) + e_{3-N} (Forêts) + e_{4-N} (ZONE_H) + e_{5-N} (S_{Eaux})) + E_{potentiels}$	M.3.2.3.

3.6. Critères Réseaux Vitaux

3.6.1. Structuration hiérarchique

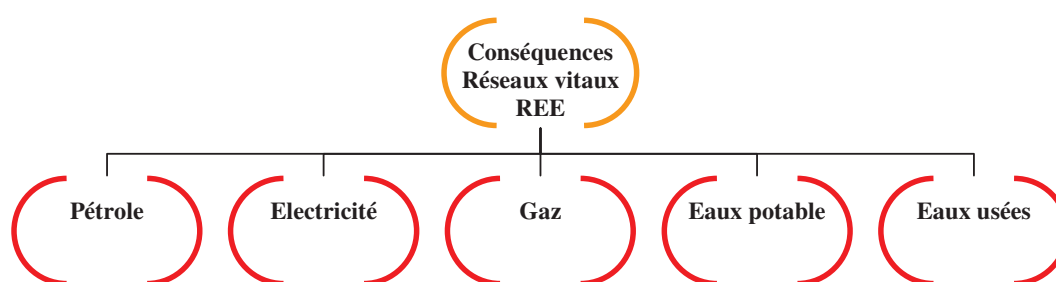


3.6.2. Matrice de comparaison binaire

M (3.3.1)	NRJ EAUX	TRANS	TELECOM	S POP	HP	VP
NRJ EAUX	1					f_1
TRANS		1				f_2
TELECOM			1			f_3
S POP				1		f_4
HP					1	f_5

3.6.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Critères Réseaux vitaux	N° Matrice
Crises d'origine industrielle		
[3.3.1]	$E_{RV} = (f_{1-I} (REE) + f_{2-I} (TRANS) + f_{3-I} (TELECOM) + f_{4-I} (SPOP) + f_{5-I} (HP)) + E_{Potentiels}$	M.3.3.1.
Crises d'origine naturelle		
[3.3.2]	$E_{RV} = (f_{1-N} (REE) + f_{2-N} (TRANS) + f_{3-N} (TELECOM) + f_{4-N} (SPOP) + f_{5-N} (HP)) + E_{Potentiels}$	M.3.3.2.
Crises d'origine terroriste		
[3.3.3]	$E_{RV} = (f_{1-N} (REE) + f_{2-N} (TRANS) + f_{3-N} (TELECOM) + f_{4-N} (SPOP) + f_{5-N} (HP)) + E_{Potentiels}$	M.3.3.3.

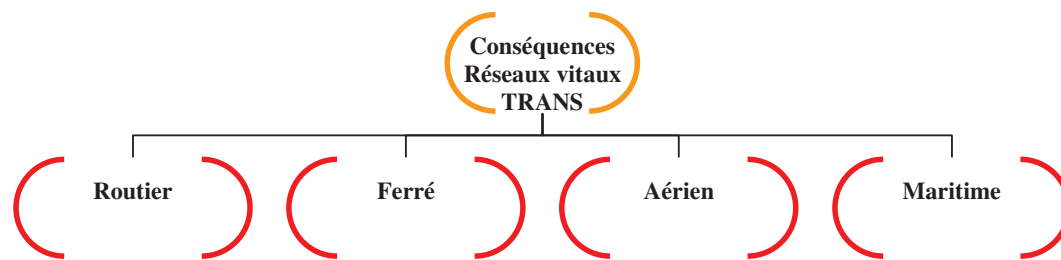
3.7. **Éléments Réseaux d'Énergie et Eaux**3.7.1. Structuration hiérarchique3.7.2. Matrice de comparaison binaire

M (3.3.3.1)	RRE P	REE E	REE E P	REE E P	REE GAZ	VP
RRE P	1					α_1
REE E		1				α_2
REE E P			1			α_3
REE E U				1		α_4
REE GAZ					1	α_5

3.7.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Elément Réseaux d'Energie	
	Crises d'origine industrielle	
[3.3.1.1]	$REE = \alpha_{1-I} (REE P) + \alpha_{2-I} (REE EL) + \alpha_{3-I} (REE EP) + \alpha_{4-I} (REE EU) + \alpha_{5-I} (REE G)$	M3.3.1.1.
	Crises d'origine naturelle	
[3.3.1.2]	$REE = \alpha_{1-N} (REE P) + \alpha_{2-N} (REE EL) + \alpha_{3-N} (REE EP) + \alpha_{4-N} (REE EU) + \alpha_{5-N} (REE G)$	M 3.3.1.2
	Crises d'origine terroriste	
[3.3.1.3]	$REE = \alpha_{1-T} (REE P) + \alpha_{2-T} (REE EL) + \alpha_{3-T} (REE EP) + \alpha_{4-T} (REE EU) + \alpha_{5-T} (REE G)$	M3.3.1.3

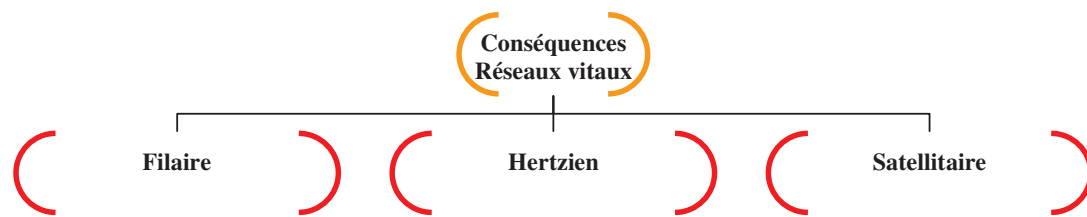
3.8. Eléments Réseaux de Transport

3.8.1. Structuration hiérarchique3.8.2. Matrice de comparaison binaire

M (3.3.2.1)	ROUTIER	FERRE	AERIEN	MARITIME	VP
ROUTIER	1				β_1
FERRE		1			β_2
AERIEN			1		β_3
MARITIME				1	β_4

3.8.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Elément Réseaux de Transport	N°Matrice
[3.3.2.1]	Crises d'origine industrielle $TRANS = \beta_{1-I} (ROUTIER) + \beta_{2-I} (FERRE) + \beta_{3-I} (AERIEN) + \beta_{4-I} (MARITIME)$	M.3.3.2.1
[3.3.2.5]	Crises d'origine naturelle $TRANS = \beta_{1-N} (ROUTIER) + \beta_{2-N} (FERRE) + \beta_{3-N} (AERIEN) + \beta_{4-N} (MARITIME)$	M.3.3.2.5
[3.3.2.3]	Crises d'origine terroriste $TRANS = \beta_{1-T} (ROUTIER) + \beta_{2-T} (FERRE) + \beta_{3-T} (AERIEN) + \beta_{4-T} (MARITIME)$	M3.3.2.3

3.9. **Eléments de Télécommunication**3.9.1. Structuration hiérarchique3.9.2. Matrice de comparaison binaire

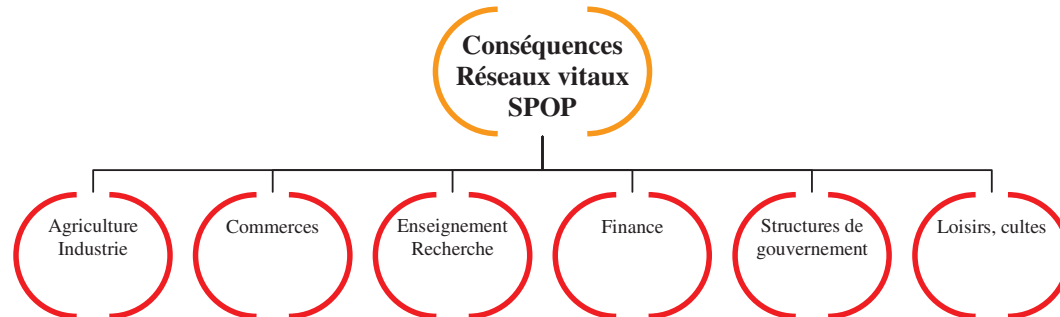
M (3.3.3.1)	RT FIL	RT HERT	RT SAT	VP
RT FIL	1			γ_1
RT HERT		1		γ_2
RT SAT			1	γ_3

3.9.3. Fonction d'évaluation

N°Eq.	Elément Réseaux de Télécommunications	N°Matrice
[3.3.3.1]	Crises d'origine industrielle $TELECOM = \gamma_{1-I} (RT FIL) + \gamma_{2-I} (RT HERT) + \gamma_{3-I} (RT SAT)$	M.3.3.3.1
[3.3.3.2]	Crises d'origine naturelle $TELECOM = \gamma_{1-N} (RT FIL) + \gamma_{2-N} (RT HERT) + \gamma_{3-N} (RT SAT)$	M.3.3.3.2
[3.3.3.3]	Crises d'origine terroriste $TELECOM = \gamma_{1-T} (RT FIL) + \gamma_{2-T} (RT HERT) + \gamma_{3-T} (RT SAT)$	M.3.3.3.3

3.10. Eléments de Services à la population

3.10.1. Structuration hiérarchique



3.10.2. Matrice de comparaison binaire

M (3.3.4.1)	AGRI	COM	ENS R	FIN	GOUV	L C C	VP
AG ID	1						δ_1
COM		1					δ_2
ENS R			1				δ_3
FIN				1			δ_4
GOUV					1		δ_5
L C C						1	δ_6

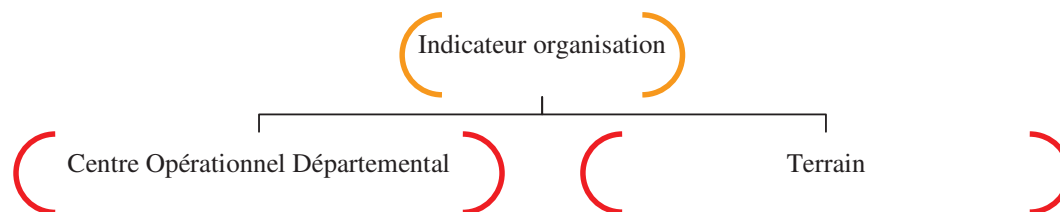
3.10.3. Fonction d'évaluation

3.3.4 Elément Réseaux de Services à la population

- [3.3.4.1] Crises d'origine industrielle**
 $SPOP = \delta_{1-I} (AG ID) + \delta_{2-I} (COM) + \delta_{3-I} (ENS R) + \delta_{4-I} (FIN) + \delta_{5-I} (GOUV) + \delta_{6-I} (L C C)$ **M.3.3.4.1.**
- [3.3.4.2] Crises d'origine naturelle**
 $SPOP = \delta_{1-N} (AG ID) + \delta_{2-N} (COM) + \delta_{3-N} (ENS R) + \delta_{4-N} (FIN) + \delta_{5-N} (GOUV) + \delta_{6-N} (L C C)$ **M.3.3.4.2.**
- [3.3.4.3] Crises d'origine terroriste**
 $SPOP = \delta_{1-T} (AG ID) + \delta_{2-T} (COM) + \delta_{3-T} (ENS R) + \delta_{4-T} (FIN) + \delta_{5-T} (GOUV) + \delta_{6-IT} (L C C)$ **M.3.3.4.3**

4. Indicateur capacité de réaction des organisations

4.1. Structuration hiérarchique



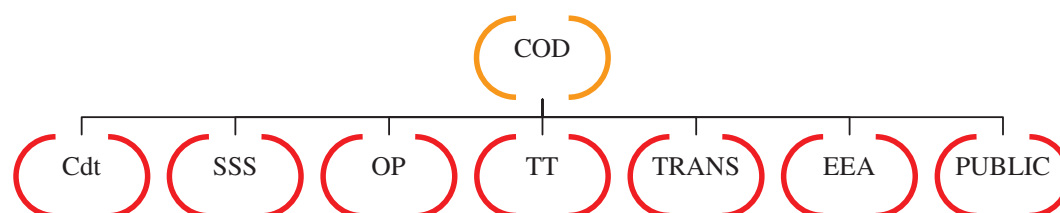
4.2. Matrice de comparaison binaire

M (4.1)	COD	TERRAIN	VP
COD	1		g_1
TERRAIN		1	g_2

N°Eq.	Indicateur Capacité de réaction des organisations	N°Matrice
[4.1]	Crises d'origine industrielle $IND_{Org} = g_{1-I}(COD) + g_{1-I}(Terrain)$	M.4.1.
[4.2]	Crises d'origine naturelle $IND_{Org} = g_{1-N}(COD) + g_{1-N}(Terrain)$	M.4.2.
[4.3]	Crises d'origine terroriste $IND_{Org} = g_{1-T}(COD) + g_{1-T}(Terrain)$	M.4.3.

4.3. Critère Centre Opérationnel de Défense

4.4. Structuration hiérarchique



4.5. Matrice de comparaison binaire

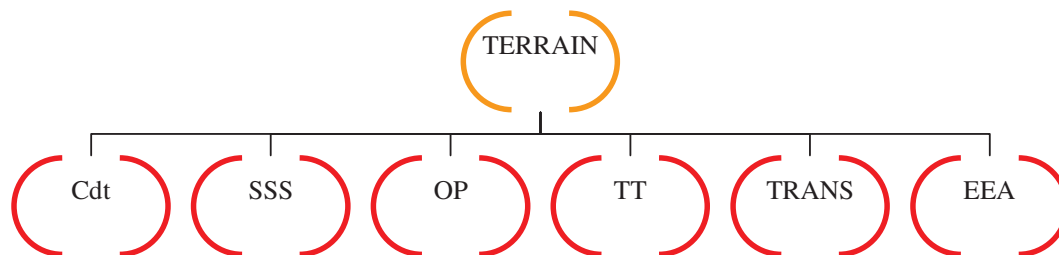
M (4.1.1)	COM	SSS	OP C	TT	TRANS	EEA	PUBLIC	VP
CODT	1							h_1
SSS		1						h_2
OP C			1					h_3
TT				1				h_4
TRANS					1			h_5
EEA						1		h_6
PUBLIC							1	h_7

4.6. Fonction d'évaluation

N°Eq.	Critère Centre Opérationnel de Défense	N°Matrice
[4.1.1]	Crises d'origine industrielle $COD = h_{1-I} (CDT) + h_{2-I} (SSS) + h_{3-I} (OPC) + h_{4-I} (TT) + h_{5-I} (TRANSM) + h_{6-I} (EEA) + h_{7-I} (PUBLIC)$	M.4.1.1.
[4.1.2]	Crises d'origine naturelle $COD = h_{1-N} (CDT) + h_{2-N} (SSS) + h_{3-N} (OPC) + h_{4-N} (TT) + h_{5-N} (TRANSM) + h_{6-N} (EEA) + h_{7-N} (PUBLIC)$	M.4.1.2.
[4.1.3]	Crises d'origine terroriste $COD = h_{1-T} (CDT) + h_{2-T} (SSS) + h_{3-T} (OPC) + h_{4-T} (TT) + h_{5-T} (TRANSM) + h_{6-T} (EEA) + h_{7-T} (PUBLIC)$	M.4.1.3.

4.7. Critère Organisation de terrain

4.7.1. Structuration hiérarchique



4.7.2. Matrice de comparaison binaire

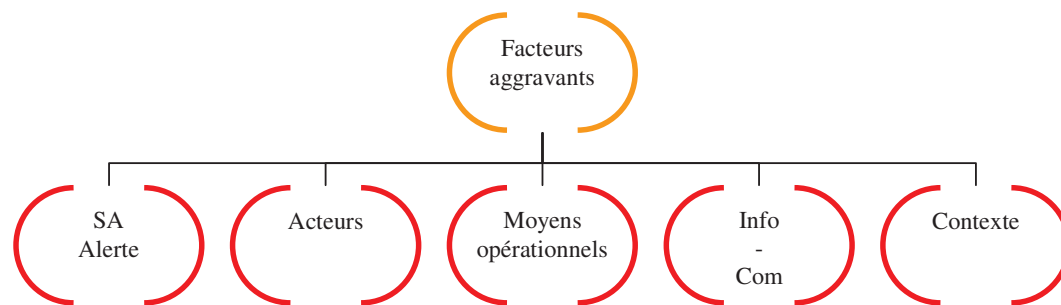
M (4.2.1°)	COM	SSS	OP C	TT	TRANSM	EEA	VP
CDT	1						j_1
SSS		1					j_2
OP C			1				j_3
TT				1			j_4
TRANSM					1		j_5
EEA						1	j_6

4.7.3. Fonction d'évaluation

N°Eq.	Critère Terrain	N°Matrice
[4.2.1]	Crises d'origine industrielle Terrain = j_{1-I} (CDT) + j_{2-I} (SSS) + j_{3-I} (OPC) + j_{4-I} (TT) + j_{5-I} (TRANM) + j_{6-I} (EEA)	M4.2.1.
[4.2.2]	Crises d'origine naturelle Terrain = j_{1-N} (CDT) + j_{2-N} (SSS) + j_{3-N} (OPC) + j_{4-N} (TT) + j_{5-N} (TRANM) + j_{6-N} (EEA)	M.4.2.2.
[4.2.3]	Crises d'origine terroriste Terrain = j_{1-T} (CDT) + j_{2-T} (SSS) + j_{3-T} (OPC) + j_{4-T} (TT) + j_{5-T} (TRANM) + j_{6-T} (EEA)	M4.2.3.

5. Facteurs aggravants

5.1. Structuration hiérarchique



5.2. Matrice de comparaison binaire

M (5.1)	SA A	ACTEURS	MOYENS	INFO COM	CONTX	VP
SA A	1					h₁
ACTEURS		1				h₂
MOYENS			1			h₃
INFO COM				1		h₄
CONTX					1	h₅

5.3. Fonction d'évaluation

N°Eq	Critères Facteurs Aggravants	N°Matrice
[5.1]	Crises d'origine industrielle	M5.1
	$Fa_{Org} = h_{1-I} (RA\ S\ AA) + h_{2-I} (RA\ Acteurs) + h_{3-I} (RA\ Moyens) + h_{4-I} (RA\ Info-Com) + h_{5-I} (RA\ Contexte)$	
[5.2]	Crises d'origine naturelle	M.5.2.
	$Fa_{Org} = h_{1-N} (RA\ S\ AA) + h_{2-N} (RA\ Acteurs) + h_{3-N} (RA\ Moyens) + h_{4-N} (RA\ Info-Com) + h_{5-N} (RA\ Contexte)$	
[5.3]	Crises d'origine terroriste	M5.3.
	$Fa_{Org} = h_{1-T} (RA\ S\ AA) + h_{2-T} (RA\ Acteurs) + h_{3-T} (RA\ Moyens) + h_{4-T} (RA\ Info-Com) + h_{5-T} (RA\ Contexte)$	



Contribution au développement d'une méthode d'aide à l'anticipation et à la gestion des crises de grande ampleur

QUESTIONNAIRE 2

CRISE D'ORIGINE INDUSTRIELLE

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>
<i>Fonction</i>	

Préambule

Cette thèse est réalisée dans le cadre du GIS AGECRIS, groupement d'intérêt scientifique d'aide à la gestion des crises, regroupant l'Ecole des Mines d'Alès, l'ENSOSP, l'INERIS et l'INHES.

La gestion des crises d'origine naturelle, industrielle ou bien intentionnelle fait partie intégrante des préoccupations des pouvoirs publics et des services de secours. L'objectif principal de ce travail de recherche est de proposer une méthode permettant aux gestionnaires des crises de Sécurité Civile d'anticiper et de gérer au mieux une situation de crise de grande ampleur en établissant, sur la base des informations émanant de l'environnement, un potentiel de crise.

L'objectif de ce questionnaire, présenté ci-dessous, consiste à établir le **potentiel de crise d'une situation donnée provoquée par un évènement déclencheur de type industriel**, en déterminant l'importance des indicateurs, des critères et des éléments les définissant, les uns par rapport aux autres.

Le potentiel de gravité d'une situation est établi en phase de veille et en phase d'urgence selon 4 indicateurs que sont :

- l'indicateur de vulnérabilité initiale d'un territoire donné avant la crise ;
- l'indicateur relatif à l'analyse de l'évènement déclencheur de type industriel ;
- l'indicateur relatif aux conséquences sur les enjeux ;
- l'indicateur relatif à la capacité de réaction des organisations.

Dans cette étude, la crise de grande ampleur est définie comme résultant de la confrontation de trois éléments :

Un territoire initialement vulnérable vis-à-vis d'une crise qui subit une perturbation d'origine interne ou externe. Cette perturbation provient de la survenue d'un **évènement déclencheur ou d'une série d'évènements déclencheurs** ayant un fort potentiel danger, provoquant des conséquences majeures sur les enjeux humains, environnementaux, les réseaux vitaux et sur l'organisation gestionnaire de crise également. De plus, de nombreux **facteurs aggravants** émergent et amplifient la situation initiale contribuant, selon leur quantité, à créer une situation de crise de grande ampleur.

Au travers de ce questionnaire, nous recherchons votre avis personnel en fonction de vos compétences et de votre culture des risques. Je vous remercie par avance de ne pas le faire en groupe, ce qui pourrait fausser votre jugement.

Vous pouvez répondre directement au questionnaire en mettant en gras la réponse de votre choix et me le retourner par mail. Carole.dautun@ema.fr, par fax au 04.66.78.27.01 ou bien à l'adresse suivante :

**Carole DAUTUN
LGEI - Ecole des Mines d'Alès
6 avenue de Clavières, 30319 ALES Cedex**

Pour toutes informations complémentaires, n'hésitez pas à me joindre au 04 .66 .78. 27.61.

En vous remerciant par avance pour votre aide.

Evaluation du potentiel de crise

A. Le potentiel de crise

Le potentiel de crise est évalué selon 4 indicateurs que sont l'indicateur relatif à la **vulnérabilité initiale (avant la crise)** du territoire sur lequel a lieu la crise, l'indicateur **conséquences sur les enjeux**, l'indicateur relatif à l'**événement déclencheur** et l'indicateur relatif à la capacité de réaction des **organisations gestionnaires**.

🔗 **Q1.** Pensez-vous que le **niveau de gravité des conséquences** sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le niveau de **gravité de l'évènement déclencheur de type industriel** pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

🔗 **Q2.** Pensez-vous que le **niveau de gravité de l'évènement déclencheur de type industriel**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le **niveau de capacité de réponse des organisations** pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

🔗 **Q3.** Selon vous, le **niveau de capacité de réponse des organisations** sur les enjeux humains, environnementaux et les réseaux vitaux

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le **niveau de vulnérabilité initiale du territoire avant la crise**²⁵ pour établir le potentiel de crise d'une situation donnée ?

²⁵ **La vulnérabilité initiale du territoire avant la crise** est définie en fonction des risques présents sur le territoire, le niveau de vulnérabilité des enjeux vis-à-vis de ces dits risques et le niveau de vulnérabilité des organisations gestionnaires en termes de planification et de préparation.

B. L'indicateur « évènement déclencheur de type industriel »

Les évènements déclencheurs pris en compte dans cette étude sont de type incendie, explosion, dispersion atmosphérique ou aquatique ayant lieu sur un site industriel. L'explosion de l'usine AZF en 2001 est prise comme référence pour illustrer ce type de crise

🔗 **Q4.** Pour l'indicateur évènement déclencheur de type industriel, pensez-vous que le critère **cinétique**²⁶

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le critère **gravité**²⁷ sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q5.** Pour l'indicateur évènement de type industriel, pensez-vous que le critère **gravité**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le critère **Importance spatiale**²⁸ sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q6.** Pour l'indicateur évènement de type industriel, pensez-vous que le critère **importance spatiale**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

Que le critère **évolution du phénomène**²⁹ sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q7.** Pour l'indicateur évènement de type industriel, pensez-vous que le critère **cinétique**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que le critère **localisation de la Source de danger**³⁰ sur le potentiel de crise de la situation ?

²⁶ **La cinétique** correspond à la vitesse de réalisation de l'évènement déclencheur. Elle est qualifiée soit d'instantanée (qq. sec), de rapide (qq. min qq h) ou de lente (qq. h à plusieurs jours).

²⁷ **La gravité** est définie en fonction de 3 éléments que sont : la dangerosité de la substance, le contenant et la quantité de matière libérée.

²⁸ Le critère **Importance spatiale du phénomène** correspond à la spatialité impactée par le phénomène. Soit les impacts du phénomène sont in situ, soit hors situ mais cartographiés dans les scénarios du PPI, soit hors situ et non cartographiés dans le PPI.

²⁹ Un phénomène à la **capacité d'évoluer** dans le temps si aucune action de mitigation n'est mise en place. Cette capacité est soit qualifiée de faible, moyenne ou forte.

³⁰ **La localisation de la source de danger** est un paramètre également important à prendre en compte. En effet, soit la source de danger est localisée en milieu ouvert soit en milieu confiné (tunnel, métro, ...).

C L'indicateur conséquences sur les enjeux humains, environnementaux et réseaux vitaux

Un évènement de type industriel peut provoquer des conséquences majeures sur les enjeux. Trois catégories sont définies : les enjeux humains, les enjeux environnementaux et les réseaux vitaux.

🔗 **Q8.** Selon vous, dans le cadre d'un accident industriel, les conséquences sur les **enjeux humains**³¹

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que les **enjeux environnementaux**³² sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q9.** Selon vous, dans le cadre d'un accident industriel, les conséquences sur les **réseaux vitaux**

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que les **enjeux environnementaux**³³ sur le potentiel de crise ?

³¹ Les **enjeux humains** sont définis selon 3 catégories : (1) les populations locales sédentaires, (2) les populations présentes dans les ERP, (3) les usagers des voies de communication

³² Les **enjeux environnementaux** regroupent (1) les territoires agricoles, (2) les forêts et les milieux semi naturels, (3) les zones humides, (4) les surfaces en eaux.

³³ Les **réseaux vitaux** sont définis selon : (1) les réseaux d'énergie et d'eaux, (2) les transports, (3) les télécommunications, (4) les services à la population et (5) l'habitat privé.

LES ENJEUX HUMAINS

Les conséquences sur les enjeux humains sont définies en termes de nombre de morts, nombres d'urgences absolues, nombre d'urgences relatives et nombres de personnes impliquées ou blessées.

🔗 **Q10.** Selon-vous, pour l'indicateur conséquences, dans le cas d'un accident industriel, le **nombre de morts**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
--	---	---	--	---

que le nombre **d'urgences absolues**³⁴ sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q11.** Selon-vous, pour l'indicateur conséquences, dans le cas d'un accident industriel, le nombre **d'urgences absolues**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
--	---	---	--	---

Au nombre **d'urgences relatives**³⁵ sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q12.** Selon-vous, pour l'indicateur conséquences, dans le cas d'un accident industriel, le nombre **d'urgences relatives**

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
--	---	---	--	---

au nombre de **personnes impliquées**³⁶ sur le potentiel de crise ?

³⁴ **Les Urgences Absolues** : pronostic vital engagé, technique de réanimation ou de chirurgie lourde

³⁵ **Les Urgences Relatives** : pas d'engagement du pronostic vital, soins plus légers ou différés

³⁶ **Les personnes impliquées** sont définis comme étant des populations présentes sur les lieux de l'accident mais n'étant pas blessés ou blessés légèrement sans nécessité de prise de soin

LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Les conséquences sur les enjeux environnementaux sont quantifiées en fonction de la superficie en *territoires artificialisés*, *territoires agricoles*, *forêts et milieu semi-naturels*, *zones humides* et *surface en eaux* impactée.

Q13. Selon-vous, des conséquences sur des **territoires artificialisés**³⁷

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que des Conséquences sur les **territoires agricoles**³⁸ pour établir le potentiel de crise ?

Q14. Selon-vous, des conséquences sur des **territoires agricoles**

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que des Conséquences sur **les forêts et les milieux semi –naturels**³⁹ pour établir le potentiel de crise ?

Q15. Selon-vous, des conséquences sur des **territoires artificialisés**

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que des conséquences sur **les zones humides**⁴⁰ pour établir le potentiel de crise ?

Q16. Selon-vous, des conséquences sur **les zones humides**

<input type="checkbox"/> Ont beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont moins d'influence	<input type="checkbox"/> Ont la même influence	<input type="checkbox"/> Ont plus d'influence	<input type="checkbox"/> Ont beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

que des conséquences sur **les surfaces en eaux**⁴¹ pour établir le potentiel de crise ?

³⁷ **Les territoires artificialisés** regroupent les zones urbanisées, les zones industrielles et commerciales, les mines, décharges et chantiers ainsi que les espaces verts artificiels.

³⁸ **Les territoires agricoles** regroupent les terres arables, les cultures permanentes, les prairies et les zones agricoles.

³⁹ **Les forêts et milieux semi-naturels** regroupent les forêts et les espaces ouverts sans végétation.

⁴⁰ **Les zones humides** regroupent les zones humides intérieures et maritimes

⁴¹ **Les surfaces en eaux** regroupent les eaux continentales et maritimes.

LES RESEAUX VITAUX

Cinq type de réseaux vitaux sont définis : les Réseaux d'Energie et d'eaux, les Transports, les Télécommunications, les Services à la population et l'Habitat privé.

🔗 **Q17.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux d'Energies et d'Eaux** ⁴² »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
---	--	--	---	--

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de Transports** ⁴³ » sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q18.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de transports** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
---	--	--	---	--

que l'atteinte de la fonctionnalité « **télécommunications** ⁴⁴ » sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q19.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux télécommunications** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
---	--	--	---	--

que l'atteinte de la fonctionnalité « **services à la population** ⁴⁵ » sur le potentiel de crise de la situation ?

🔗 **Q20.** Selon vous l'atteinte de la fonctionnalité « **habitat privés** ⁴⁶ »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'importance	<input type="checkbox"/> A moins d'importance	<input type="checkbox"/> A la même importance	<input type="checkbox"/> A plus d'importance	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'importance
---	--	--	---	--

que l'atteinte de la fonctionnalité « **services à la population** » sur le potentiel de crise de la situation ?

⁴² Les réseaux d'Energies et d'Eaux regroupent les structures de production, transport et distribution en (1) pétrole, (2) électricité, (3) gaz, (4) eau potable, (5) eaux usées.

⁴³ Les réseaux de transports regroupent (1) le réseau routier, (2) le réseau ferré, (3) le réseau aérien, (4) le réseau maritime

⁴⁴ Les réseaux de télécommunications comprennent les réseaux filaires, (2) les réseaux hertzien, (3) les réseaux satellitaires)

⁴⁵ Les services aux populations sont composés (1) des structures de production et de distribution de l'agriculture et de l'industries, (2) des commerces, (3) des structures d'enseignements et de recherches, (4) des structures de finances, (5) des structures de gouvernements et d'administrations, (6) des structures de loisirs, de cultures et de cultes.

⁴⁶ La catégorie habitat privé regroupe toutes les structures d'habitations

Réseaux d'Energies et d'Eaux

↳ **Q21.** Pensez-vous que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, de transport et de distribution en pétrole** »

☐ A beaucoup moins d'influence ☐ A moins d'influence ☐ A la même influence ☐ A plus d'influence ☐ A beaucoup plus d'influence

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, de transport et de distribution en électricité** » sur le potentiel de crise ?

↳ **Q22** Pensez-vous que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, de transport et de distribution d'électricité** »

☐ A beaucoup moins d'influence ☐ A moins d'influence ☐ A la même influence ☐ A plus d'influence ☐ A beaucoup plus d'influence

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, transport et distribution en eaux potables** » sur le niveau du potentiel de crise ?

↳ **Q23** Pensez-vous que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, de transport et de distribution en eaux potables** »

☐ A beaucoup moins d'influence ☐ A moins d'influence ☐ A la même influence ☐ A plus d'influence ☐ A beaucoup plus d'influence

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, transport et distribution en eaux usées** » sur le niveau du potentiel de crise ?

↳ **Q24.** Pensez-vous que l'atteinte de la fonctionnalité des « **réseaux de production, transport et distribution eaux usées** »

☐ A beaucoup moins d'influence ☐ A moins d'influence ☐ A la même influence ☐ A plus d'influence ☐ A beaucoup plus d'influence

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux de production, transport et distribution en gaz** » sur le niveau du potentiel de crise ?

Réseaux de transports

🔗 **Q25.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux routiers** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux ferrés** » sur le niveau du potentiel de crise ?

🔗 **Q26.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité des « **réseaux ferrés** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité du « **réseau aérien** » sur le niveau du potentiel de crise ?

🔗 **Q27.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité des « **réseaux routiers** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité du « **réseaux maritime et fluvial** » sur le niveau du potentiel de crise ?

Réseaux de télécommunication

🔗 **Q28.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité des « **réseaux filaires** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux hertziens** » sur le niveau du potentiel de crise ?

🔗 **Q29.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux Hertzien** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **réseaux satellitaires** » sur le niveau du potentiel de crise ?

Réseaux services aux populations

🔗 **Q30.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **agriculture et industries** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **Commerces** » sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q31.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **commerces** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **enseignements- recherches** » sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q32.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **enseignements- recherches** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **finances** » sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q33.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **finances** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **structures de gouvernements et d'administration** » sur le potentiel de crise ?

🔗 **Q34.** Selon vous, l'atteinte de la fonctionnalité « **loisirs, cultures et cultes** »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

que l'atteinte de la fonctionnalité « **structures de gouvernements et d'administration** » sur le potentiel de crise ?

D : L'indicateur Organisation

L'objectif de cet indicateur est de mettre en évidence la capacité de réaction des organisations gestionnaires et plus particulièrement l'importance de perte d'une des fonctionnalités de gestion de crise. Pour ce faire, deux « organisations » sont prises en compte.

- Le Centre Opérationnel Départemental activé au moment de la crise
- Les organisations de « terrain » regroupant le PC terrain, le PCO, les structures de soins et les structures de gouvernements et d'administration.

🔗 **Q 35.** Pensez-vous que l'atteinte des missions du « COD »

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

par rapport à l'atteinte des missions du « terrain » sur le niveau de capacité de réponse des organisations ?

Point de vue du COD

🔗 **Q 37.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « commandement » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

par rapport à l'atteinte de la fonction « soins secours sauvetage » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 38.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « soins secours sauvetage » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

par rapport à l'atteinte de la fonction « ordre public - Circulation » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 39.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « ordre public - Circulation » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
---	--	--	---	--

par rapport à l'atteinte de la fonction « transport - travaux » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 40.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « soins secours sauvetage » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « transmission » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 41.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « transport - travaux » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « expertise – évaluation- anticipation » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 42.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « expertise – évaluation- anticipation » au COD

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « réponses aux appels du public » au COD sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

Point de vue TERRAIN

🔗 **Q 43.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « commandement » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « soins secours sauvetage » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 44.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « soins secours sauvetage » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « ordre public - Circulation » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 45.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « ordre public - Circulation » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « transport – travaux » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 46.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « soins secours sauvetage » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

par rapport à l'atteinte de la fonction « transmission » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

🔗 **Q 47.** Selon-vous, l'atteinte de la mission « transport – travaux » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain

<input type="checkbox"/> A beaucoup moins d'influence	<input type="checkbox"/> A moins d'influence	<input type="checkbox"/> A la même influence	<input type="checkbox"/> A plus d'influence	<input type="checkbox"/> A beaucoup plus d'influence
--	---	---	--	---

Par rapport à l'atteinte de la fonction « expertise – évaluation- anticipation » au niveau de la réponse opérationnelle de terrain sur le niveau de capacité de réponse de l'organisation ?

E. Les facteurs aggravants de la gestion de crise

Les facteurs aggravants correspondent à des paramètres qui amplifient ou précipitent une situation initiale en situation de crise. Ils peuvent également entraver les actions mises en place par les services de secours pendant la phase d'urgence. Ces facteurs peuvent être d'ordre technique (réseau de communication hors service), scientifique (méconnaissance du phénomène déclencheur, nombreuses incertitudes), organisationnel (déséquilibres entre les besoins et les moyens), de simultanéité (sur-accident, effets domino, second évènement (cas des attentats)). Ces paramètres concourent à rendre la situation de crise complexe et par là même à affecter le processus de décision.

🔗Q 48. Pensez-vous que la présence de **facteurs aggravants relatifs aux signaux avertisseurs et à l'alerte**⁴⁷

<input type="checkbox"/> Est beaucoup moins défavorable	<input type="checkbox"/> est moins défavorable	<input type="checkbox"/> Est autant défavorable	<input type="checkbox"/> Est plus défavorable	<input type="checkbox"/> Est beaucoup plus défavorable
---	--	---	---	--

que la présence de **facteurs aggravants de type intra organisationnels (relatifs aux acteurs)**⁴⁸ sur le potentiel de crise ?

🔗Q 49. Pensez-vous que la présence de **facteurs aggravants de type intra organisationnels (relatifs aux acteurs)**

<input type="checkbox"/> Est beaucoup moins défavorable	<input type="checkbox"/> est moins défavorable	<input type="checkbox"/> Est autant défavorable	<input type="checkbox"/> Est plus défavorable	<input type="checkbox"/> Est beaucoup plus défavorable
---	--	---	---	--

que la présence de **facteurs aggravants relatifs aux moyens de secours**⁴⁹ sur le potentiel de crise ?

🔗Q 50 Pensez-vous que la présence de **facteurs aggravants relatifs aux moyens de secours**

<input type="checkbox"/> Est beaucoup moins défavorable	<input type="checkbox"/> est moins défavorable	<input type="checkbox"/> Est autant défavorable	<input type="checkbox"/> Est plus défavorable	<input type="checkbox"/> Est beaucoup plus défavorable
---	--	---	---	--

que la présence de **facteurs aggravants relatifs aux informations et à la communication**⁵⁰ sur le potentiel de crise ?

⁴⁷ **FA Signaux avertisseurs et alerte** : non perception des signaux avertisseurs, non prise en compte des signaux avertisseurs, surprise de l'évènement, non fonctionnement de l'alerte, système d'alerte inefficace.

⁴⁸ **FA intra organisationnels (relatifs aux acteurs)** : ambiguïté des fonctions, difficultés de coordination, manque de doctrine commune, méconnaissances des rôles et des actions, stress, fatigue, frustration, première expérience de ce type de crise.

⁴⁹ **FA Moyens** : absence d'inventaire des moyens, délais de montée en puissance, déséquilibre entre les moyens et les besoins, délais d'acheminement des renforts important, absence de moyens de protection adéquate, difficulté d'installation des pc, engorgement des services d'urgence, relations difficiles avec la presse, nombre important de médias sur site.

⁵⁰ **FA Informations et communications** : problème de communications orales (langues), problème de remontée de l'information entre les différents postes de commandement, échanges d'informations

Q 51. Pensez-vous que la présence **facteurs aggravants de type intra organisationnels (relatifs aux acteurs)**^o

<input type="checkbox"/> Est beaucoup moins défavorable	<input type="checkbox"/> est moins défavorable	<input type="checkbox"/> Est autant défavorable	<input type="checkbox"/> Est plus défavorable	<input type="checkbox"/> Est beaucoup plus défavorable
---	--	---	---	--

Que la présence de **facteurs aggravants relatifs à des éléments contextuels**⁵¹ sur le potentiel de crise ?

insuffisants, Informations fausses, contradictoires, imprécises, incertaines, non disponibles, Informations importantes non prise en compte.

⁵¹ **FA Eléments conjoncturels annexes** : Météo défavorable, Période temporelle néfaste, Évènements simultanés

Résumé

Face à l'augmentation du nombre de catastrophes et de crises de type naturel, industriel ou intentionnel, les organisations gestionnaires doivent renforcer leurs pratiques afin d'augmenter leur résilience. Les objectifs de ce travail de recherche sont d'une part, améliorer la connaissance sur les situations de crise et d'autre part, développer une méthode d'aide à la décision à l'attention des acteurs de la Sécurité Civile afin d'anticiper et gérer une crise de grande ampleur. Ce travail se compose de trois parties. La première est axée sur l'amélioration de la connaissance de ces situations en se basant à la fois sur des observations de terrains et des retours d'expérience ainsi qu'un état de l'art bibliographique. La seconde partie propose une définition de la crise de grande ampleur et une modélisation systémique du processus conduisant à l'émergence de ces situations extrêmes. Elle pose également les bases théoriques de la méthode de veille stratégique du territoire en s'appuyant sur deux outils d'aide à la décision qui sont la méthode de décision multicritère de Saaty et les réseaux de neurones de type classifieur. Par le biais de cette méthode, les gestionnaires de crise pourront qualifier la situation en présence soit d'incident, soit d'accident majeur, soit de crise conventionnelle ou bien de crise de grande ampleur. Enfin, la troisième partie est consacrée à l'application et la démonstration de la faisabilité des deux méthodes définies précédemment afin d'établir le potentiel de crise de dix-huit retours d'expérience.

Mots clés : crises de grande ampleur, Sécurité Civile, facteurs aggravants, aide à la décision, réseaux de neurones, modélisation.

Abstract

Faced with the increasing of natural, industrial and terrorist's disasters and crisis, the organisations must improve their practices to increase their resilience. In this aim, the objective of this work is, firstly the increase of knowledge on these situations, and on the other hand, the development of a decision making aid process to anticipate and forecast a large scale crisis for the actors of the civil protection. This work is composed of three parts. The first focus on the improvement of knowledge on the base of real cases and lessons learnt observations and a state of the art. The second part proposes a definition and a systemic modelling of the large scale crisis. It defines, in theory, the decision making aid process based on two methods that are the analytical hierarchical process of Saaty and the artificial network. Finally, the third part is allotted to the application of the two approaches in the aim to evaluate the crisis potential of eighteen lessons learnt.

Keywords: Large scale crisis, civil protection, aggravating factors, decision making aid process, artificial network.